LEZIONI ELEMENTARI

DI

FISICA TERRESTRE

COLL'AGGIUNTA DI DUE DISCORSI SOPRA

LA GRANDEZZA DEL CREATO

Opera compilata da scritti inediti

DEL

P. ANGELO SECCHI S. J.

TORINO E ROMA
ERMANNO LOESCHER

1879.

FISICA TERRESTRE.

INTRODUZIONE.

L'opuscolo che presento ai giovani lettori non ha nessuna pretesa a originalità: esso è semplicemente il testo di alcune lezioni date ad un istituto di nobile gioventù per completare lo studio della fisica, facendone vedere le applicazioni in vasta scala nella fisica mondiale. Ho profittato delle molte opere ora comuni per redigerle. e singolarmente dell'esimia del nostro concittadino Stoppani, intitolata *Corso di Geologia*, specialmente pei materiali descrittivi.

Lo studio di questa applicazione della fisica è sommamente importante. La propria casa è la prima cosa che deve cercare di conoscere ogni vivente per gustare de'commodi della vita: la Terra è questa nostra casa, dove abitiamo e viviamo, e da cui tiriamo il nostro sostentamento. Bello è lo studio de' corpi celesti, del Sole, de' pianeti, delle stelle, ma in fine essi sono tanto lontani da noi che non possiamo afferrare le influenze, che pur ci trasmettono e per molti di essi la cognizione loro non è che ornamento della nostra scienza, senza speranza di trarne pratica utilità.

Ma ben diversa è la bisogna pel globo terrestre; dallo studio delle sue particolarità noi possiamo trarre informazione per la scelta più vantaggiosa nell' abitazione, per la salubrità del clima, l' abbondanza degli alimenti, la commodità degli agi della vita, la distrazione dei viaggi ecc. ecc. Tale studio è dunque d'un utile pratico, più che altro mai, tra gli studî parziali della natura.

Nè la fisica terrestre si ha da confondere colla geografia: questa non è che la base materiale di quello di cui noi dovremo intrattenerci. La geografia disegna i luoghi individuali, saputi i quali è d'uopo filosofare sulle loro distribuzioni fisiche, sulle leggi de' fenomeni che ne produssero gli aspetti, sul legame delle cause agli effetti e via discorrendo: di questo si occupa la Fisica terrestre. Questo studio è pieno di attrattiva e di diletto, per la varietà, vastità ed importanza delle materie, e molti elogi ne potrei fare: ma io farei improvvidamente a trattenermi sui suoi pregi, che solo potranno esser compresi coll'assaporarlo. Veniamo dunque al fatto pratico e vedrete se dico il vero.

P. A. SECCHI.

Quest'introduzione avea dettato il Ch. Padre pel presente suo corso di lezioni sopra la Fisica Terrestre, allorchè, mentre stavane rivedendo le bozze, fu côlto dal morbo fatale che dovea trarlo lentamente al sepolcro. Dal che si ha una prova novella della sua infaticabile operosità, specialmente allorchè trattavasi di giovare alla gioventù studiosa, in prò della quale aveva unicamente composte queste lezioni.

Ed era ben giusto che quella mente sublime la quale tanto innalzavasi nella contemplazione degli astri lontani del firmamento (1), chinasse ancora lo sguardo investigatore su questo nostro pianeta, nella considerazione del quale non minor pascolo trova la mente umana per ammirare la somma sapienza del suo artefice Divino e ne conduce ad esclamare:

La gloria di Colui che tutto muove
Per l'universo penetra e risplende.
(DANTE, *Paradiso*, I).

P. G. ST. FERRARI.

(1) L'opera intitolata *Le Stelle,* fu l'ultima da esso data alle stampe nel 1877 coi tipi del Dumolard in Milano.

LEZIONE I.

Aspetto generale del globo.

Voi sapete già che la terra è un globo rotondo alquanto compresso ai poli e rilevato all'equatore; le cifre che ne misurano le dimensioni sono le seguenti:

Semidiametro	polare	6 356 080	metri
id.	equatoriale	6 377 398	id.
Differenza		21 318	id.

Questo rilievo all'equatore è circa tre volte l'altezza delle montagne più elevate dell'Asia centrale, e quattro volte e mezzo l'altezza del Monte Bianco nelle Alpi. Son queste misure il frutto di immense fatiche di geometri, e a stento potrei qui darvene notizia.

Soltanto farò una riflessione. Queste cose sono credute ora da tutti per una specie di fede con quella facilità stessa colla quale anticamente si credeva tutt'altro, e i trionfi della scienza moderna ci hanno fatto dimenticare le grandi lotte che dovette fare la mente contro il senso presso i primi uomini per arrivare a scoprire la verità. Ma non è senza un certo compiacimento che noi ci fermiamo a contemplare l'andamento dello spirito umano in questa conquista della misura della terra.

Infatti direttamente la terra come la vediamo ci sembra piana, e terminata dal cielo, che posa apparentemente sopra di essa all'orizzonte. Anche girandola in grande estensione si arriva in fine sempre al mare, e fu così che i primi popoli la credettero piana, terminata dal gran fiume Oceano che tutta la cingeva. I loro poeti favoleggiarono il tuffarsi alla sera del Sole nelle onde dell'Oceano e il sorgerne alla mattina dopo essersi ben lavato. Dove andasse di notte non lo cercarono troppo, perchè era per loro una seria difficoltà il capire che la terra potesse esser sospesa nello spazio e starvi senza appoggio. Gli Indiani credono ancora che la terra posa su di una colonna, la colonna su di un elefante, questo su di una tartaruga, e cotesta?.... non lo dicono, nè lo cercano.

Vedendo che tutti i corpi isolati cadono in terra, anche la terra dovea cadere se era isolata, e se non cadeva o era perchè era sostenuta o per altra profonda cagione. I più sensati vedendo che era impossibile assegnare un tal sostegno, argomentarono che essa non cadeva

perchè era il centro del mondo; dove appunto tutto avrebbe dovuto cadere, e cadeva di fatto come lo mostra la sperienza.

Ed eccovi un'idea eminentemente filosofica germogliata dalla riflessione suddetta, che resse tutta la filosofia antica, fino a tanto che Copernico non riuscì a fare una più sublime distinzione, cioè che la terra tirava i corpi non come centro del mondo, ma come semplice centro di materia, e per questa attrazione dovea la sua massa essere sferica, a quella guisa che una stilla d'acqua si trasforma in sfera su di una foglia vegetale, o una gocciola di mercurio su di un piano. Distinzione che fu il primo enunziato della legge della gravitazione sviluppata e dimostrata poi da Newton, e che costituì la base del nuovo sistema del mondo. Noi non ci intratterremo sulle prove della rotondità della terra, come sono quelle desunte dallo sparire in mare il corpo delle navi al basso prima che la cima de' loro alberi, dell'ombra sua circolare sul disco lunare quando vi è l'eclisse di luna, nè dell'alzarsi e abbassarsi sull'orizzonte de' diversi luoghi de' poli attorno a cui sembra rotare la sfera celeste. Queste cose vi sono note dalla geografia e non le ripeteremo; la rotondità e la figura precisa della terra risulta dalle misure fatte dai geografi e dagli astronomi, e sono di una forza ben più concludente che le succitate ragioni popolari. In queste lezioni noi dobbiamo soltanto considerare lo stato fisico di questo globo e vedere come ci si presenta.

La figura che avete sott'occhio (Tav. 1ª) non è altro che un comune mappamondo, ma essa per essere intesa ha bisogno di qualche spiegazione per la sua costruzione. Que' due circoli racchiudono i disegni delle terre e dei mari nei due emisferi, ma con certa legge geometrica detta di proiezione *stereografica* ove le figure sono però alquanto alterate, perchè la sfera non può mai rappresentarsi esattamente in un piano. In questa sorta di proiezione l'occhio si suppone collocato sulla superficie del globo nel punto diametralmente opposto al luogo che è centro del circolo su cui è fatto il disegno. Così per l'emisfero antico l'occhio si suppone in America, e per l'America si suppone nel continente antico; l'occhio così collocato vedrebbe nel globo l'emisfero in faccia come è disegnato sulla carta, e la traccia del disegno si concepisce fatta nel piano del circolo massimo che passa pel centro stesso del globo. In questa specie di disegno, si ha il vantaggio che tutti i punti che sono sul globo sopra un circolo, sono pure sopra un circolo nella proiezione, ben inteso di raggio diverso, quindi le latitudini e longitudini restano inalterate: ma le dimensioni sono variate, come si vede confrontando la distanza de' circoli al centro ed alla circonferenza. Però i conti-

nenti sono molto meno sformati che nell'altre proiezioni. Per la nautica però si ama l' altra detta di *Mercatore* e che vedesi adoperata nelle carte seguenti (Tav. III, IV, V ecc.). In questa i meridiani ed i paralleli sono tante linee parallele ad angolo retto gli uni agli altri e la superficie del globo si suppone proiettata sopra un cilindro che lo avvolga all'equatore. Divenendo in questa proiezione i meridiani tanto più divergenti quanto più si accostano al polo, si è preso l'espediente di allargare in proporzione anche i paralleli, e così la figura de' continenti rimane simile a se stessa, col solo inconveniente di mutare scala; cosa che ai marinari poco importa, perchè la scala è segnata sul margine della carta nella posizione voluta ad ogni parallelo. Questa proiezione non può servire pel polo, ma allora (e pei luoghi vicini) si usa la proiezione fatta direttamente sul piano tangente al polo stesso, come vedremo.

La cognizione della forma de' continenti del globo è frutto di immensi lavori e di infinite fatiche. Quanti viaggi, quanti studî per farvi questa carta! Si può dire che per non meno di 60 secoli vi hanno lavorato intorno tutte le generazioni.

E qui vorrei che faceste una riflessione. Si alza al cielo il progresso attuale, e con ragione, ma troppo spesso si disprezzano ingiustamente i vecchi tempi. Tutto quello che qui vediamo, non è lavoro nostro nè dei tempi nostri, se non in minimi ritocchi, tutto il resto lo dobbiamo ai vecchi, e se errarono, o non seppero che poco, dobbiamo ammirarli che dalla nullità del loro patrimonio seppero sollevarsi cotanto da lasciarci tante ricchezze. Non saranno quindi da dispregiare quelli che credevano la terra terminata dall'Oceano, perchè allora il solo girarne un piccolo pezzo con una barca era già un prodigio. Quanto non si parlò degli Argonautî che in fine non arrivarono che a Colco? Ma essi furono i primi ad affidarsi ad un alto mare e perciò nel loro tempo comparabili ad un Colombo. Il girare attorno all'Africa fu l'ambizione de' secoli più fiorenti in civiltà nell'era di Salomone, come lo fu tre secoli fa il girare tutto il globo ai tempi di Magellano. E par certo che l'Africa fosse girata realmente in que' tempi. Furono non creduti que' navigatori, perchè dissero che il Sole, andati che furono tanto oltre, nasceva loro a sinistra; ma è facile capire che se nasce a destra nell'emisfero Nord per chi guarda il polo boreale, nasce a sinistra nell'emisfero Sud per chi guarda il polo australe. Essi aveano dunque passato la linea equinoziale, cosa che nel medio evo appena si crede che facessero i Pisani. Il conoscere i limiti del mare Mediterraneo fu uno de' loro grandi lavori, e ne lasciarono a noi il contorno ossia il *periplo* ben definito. E notate che doveano far ciò senza bussola,

senza cronometro, senza misura della via, con istrumenti rozzi, con navi meschine e sì piccole che le tiravano in terra nella notte, come fanno ora i pescatori le loro paranzelle. Il litorale europeo-africano al mare d'Occidente detto *tenebroso*, ora *atlantico*, terminava alle colonne d'Ercole, e non si passava il famoso capo *Non* dell'Africa. Nelle carte ivi erano dipinti mostri e chimere per ispaventare i navigatori; simboli non vani delle procelle che dominavano in que' mari senza termini noti. Fu solo a palmo a palmo che sotto gli stimoli del principe di Portogallo D. Enrico, riuscirono i Portoghesi a conquistare le coste dell'Africa, e solo dopo quasi un secolo trovarono il famoso Capo *tempestoso* il cui nome fu cambiato per volere del re in Capo di *Buona Speranza*, per arrivare cioè al ritrovamento dell'India; fu una fortuna per la scienza e per la geografia l'idea fissa di quel tempo, che tutti dominava quale incubo i popoli europei di andare all'India per mare, e così trovare il Catai o la China di Marco Polo. Scopertosi che l'Africa avea un termine, onde essa poteva girarsi col circondare il famoso *Capo tempestoso*, poco dopo Vasco Gama potè realmente trovare per quella via le Indie così sospirate.

Ma le rivalità delle nazioni emule non tardarono a svilupparsi, e presto sorse il Colombo che si propose di andare a trovare l'Oriente per l'Occidente, e spregiati i timori che spaventavanlo dall'affidarsi a que' vasti mari, osò arrischiarsi su due Caravelle, una sola delle quali avea ponte coperto, a cercare di girare il globo, ed a trovare la meta medesima per vie opposte! Io vi confesso che riflettendo su ciò, non trovo grande il secolo presente, ma ben piccolo, perchè non è grande quel tale che sta su di un gran piedistallo, ma quello che molto senza esso si innalza. E noi pur troppo ben poco ci eleviamo su quello che ci hanno lasciato quei vecchi, e vanno ora ben lenti quegli avanzamenti.

Ritornando a quella carta: dei due emisferi i cui circoli rappresentano i contorni del globo, uno solo è quello di cui si ebbe conoscenza fino al 1492, dell'altro nè anche si sospettò l'esistenza, si credettero favole gli antipodi e l'atlantide. Le dimensioni del mondo abitabile furono sì poco conosciute che quando Colombo ne ebbe appena circondato un quarto e varcato il canale dell'Atlantico credette di esser già arrivato alle Indie dall'altra parte di Oriente! Egli non scoprì che le Antille: il continente solo lo sospettò dai grandi corsi d'acqua dolce che trovava in alcuni paraggi, ma non fu riconosciuto positivamente che da Americo Vespucci fiorentino, e solo più tardi si riconobbe che la terra scoperta era ben lontana dalle Indie di Oriente, quando dalle montagne dell'istmo americano scoprì ricominciare il mare e aversi lo

sterminato Oceano Pacifico. Un globo d'argento nella Biblioteca di Torino porta scritto su tutto questo Oceano *Terra incognita*, e congiunge l'America all'India. Le osservazioni astronomiche fecero vedere che da Ferrara al Messico si avea meno di 6 ore di longitudine, cioè un quarto scarso del giro del mondo!

Ma era nei destini che il nuovo mondo fosse scoperto al fine del XV secolo, perchè Cabral 7 anni dopo Colombo (1499) fu da una tempesta portato alle coste del Brasile, terra ancora allora incognita, e scoprì l'America meridionale mentre cercava le Indie orientali. Talchè se agli Spagnuoli, per mezzo di Colombo fosse mancata la scoperta dell'America, sarebbesi essa fatta dai Portoghesi.

È difficile a noi presentemente farci un' idea dell'entusiasmo gettato nelle popolazioni da tali scoperte. Un mondo nuovo non si scopre che una volta, ma sono là le storie per mostrarci le turbe europee, che sfidando disastri, tempeste, climi malsani, malattie, rischi d' ogni specie si lanciano attraverso l'Oceano in massa e vanno a portare una nuova generazione sul nuovo continente, che dovea finire coll' estinguere la razza originale. In questo movimento ebbe bensì gran parte l'avarizia e la sete delle ricchezze, ma non mancò un principio più alto che lo avvalorasse. Colombo avea in mente di scoprire le Indie per farsi ricco, armare un esercito per conquistare Gerusalemme. Isabella nello spedirlo avea in mente di spargere il Cristianesimo nelle più remote regioni. Senza questi ultimi fini forse tante imprese non si sarebbero allora cercate.

Così stimolate le nazioni furono rapidissimi i progressi, e soli 50 anni bastarono a circoscrivere l'America del Sud e del Nord, perchè agli Spagnuoli ed ai Portoghesi presto si aggiunsero i Francesi, gli Inglesi ed i Genovesi, tutti concorsero a questo arringo. E che resta a noi ora da scoprire? Solo appena qualche scoglio da rintracciare, qualche isola deserta da descrivere! Però ci resta un'opera più grande, e questa è tutta nostra, cioè il riflettere e studiare su questi fatti svelati con tante fatiche, riunirli, classificarli e vedere se qualche legge si presenta in mezzo a tanta sconnessione e varietà di fatti. E questo noi tenteremo di fare.

Primieramente da quella figura vi apparve l' enorme sproporzione della terra coi mari. Appena poco più di un terzo del globo è coperto dalle terre, cioè 12/38, il resto lo è dall'acqua. E di questa stessa terra quanto poca è all'uso dell'uomo! Le acque si dividono in cinque grandi bacini principali detti Oceani, cioè: il *Glaciale artico*, l'*Atlantico*, l'*Indiano*, il *Pacifico* ed il *Glaciale antartico*.

I continenti presentano la loro superficie disposta in modi diversissimi. Mentre il vecchio continente asiatico-europeo, che ha come appendice l'Africa, ora disgiuntane artificialmente, col taglio dell'istmo di Suez si stende col suo asse maggiore da Est ad Ovest; il nuovo americano corre da Nord a Sud facendo quasi una barriera trasversale all'altra. Con tali incrociamenti i bacini sono limitati e le correnti nelle masse acquee prendono dei giri complicatissimi.

L'immensità dell'Oceano australe è solo interrotta dalla grand'isola che merita il nome di continente, l'Australia, ma che è lungi dal bilanciare nell'emisfero Australe le terre del Boreale, onde il mare ivi predomina. I continenti sono divisi in pianure ed eminenze dette *montagne*. Le pianure in alcuni siti sono vestite di piante e di erbe e queste servono per l'uomo e per gli animali. Ma immense estensioni sono nude come nel centro dell'Africa, dell'Asia, dell'America stessa e dell'Australia, luoghi già una volta fondi di mare che ora costituiscono i deserti coperti di aride sabbie. È molto se qualche oasi come isola, ivi offre ricetto all'uomo. E là dove manca la selvatichezza della natura supplisce la fierezza dell'uomo e la sua barbarie. Stanley si assicurava che il centro dell'Africa è popolatissimo, il terreno fertile e numerosi sono i laghi: che dalle vicinanze del Capo all'Ukerewe può salirsi pel Lualaba fin sopra l'Equatore e ridiscendersi al Congo per un fiume grande quanto le Amazoni: ma la fierezza di quelle popolazioni implacabili al bianco dimanderà ancora gran tempo prima che la civiltà possa fruire di sì bello e ricco territorio. Lo sterminato Sahara non è che un antico fondo di mare di cui molte parti sono depresse sotto del Mediterraneo, tanto che ora si pensa seriamente a tornare a riempire d'acqua alcuni di que' bacini e crearvi de' mari interni. Lo stesso è dell'altro deserto di Gobi nell'Asia, che ha ancora bacini salati ma ad altezza superiore assai ai nostri mari. Tali laghi salati interni non mancano nell'America, nel viaggio stesso da New York a S. Francisco, sulla quale linea, nel costruirvi la gigantesca strada ferrata, si è dovuto recare non solo i materiali di costruzione, ma fino la legna e l'acqua potabile per gli operai.

Un'altra parte della terra ferma è inabitabile all'uomo, perchè coperta da ghiacci perpetui. Tutti gli sforzi dell'umana industria e dell'umano sapere sono riusciti inutili a sorpassare queste barriere, e solo a forza di sacrifizi, di vite, di stenti d'ogni specie si è riuscito a superare di poco gli 82° 2/3 di latitudine. Il mare colà non è più coperto soltanto di leggeri veli ghiacciati di poca spessezza, ma è un solido masso irto di innumerevoli punte a guisa di scogli, di formazione

antichissima che però chiamarono *Paleocristica*, con dislivelli enormi e creste di ogni specie, ove con somma pena poterono i marini della ultima spedizione del Cap. Naves, fare il viaggio d'un miglio al giorno recando seco sulle slitte i malati e le provviste, finchè oppressi dalle fatiche e dallo scorbuto dovettero abbandonare l'impresa, ben contenti d'avere salvata la vita! All'altro polo regnano barriere di orridi ghiacci che si terminano a picco nel mare: barriere che sono sì alte e scoscese che l'accesso ne è affatto impossibile. Talchè si è penetrato ben poco oltre il circolo polare, ed appena si è arrivato a toccare il 20^mo^ grado di distanza del polo. Pezzi immensi di ghiacci galleggianti formano come l'avanguardia di questa cerchia con estremo pericolo delle navi.

I sagrifizi e gli stenti che subirono i viaggiatori de' grandi mari equatoriali, furono almeno confortati dalla ricchezza di paesi scoperti e dalle bellezze della natura che ebbero a gustare, ma le spedizioni in queste terre sconsolate, prive d'ogni bene, che non hanno nessun conforto, alimentate finora dalla sola speranza di trovare passaggi per transitare in via più breve da un mare all'altro, non altro hanno mostrato se non se quanto sia forte l'uomo che si mette ad una disperata impresa pur coll'animo di riuscirvi, finchè vinto dalle difficoltà è costretto a indietreggiare. La storia de' viaggi polari se è la più triste della umanità intera è però nello stesso tempo una di quelle che strappano l'ammirazione al più indifferente per la costanza nel soffrire i travagli, e perciò una delle più edificanti.

Ma anche nei continenti stessi i ghiacci impediscono all'uomo il profittare di gran parte della superficie del globo, benchè del resto non gli siano inutili per altro scopo. Le cime delle alte montagne sono inabitabili ad altezza diversa, secondo i climi, perchè coperte da nevi perpetue (V. Tav. II).

Ma l'uomo nè anche approfitta di tutte le regioni che potrebbe usufruire. Le immense steppe dell'Asia, le grandi pianure e le praterie dell'America centrale del Nord, le *pampas* del Sud sarebbero opportunissime alla sua diffusione. Ma pare che la sua razza ami meglio condensarsi e divorarsi a vicenda in piccoli spazi, che godere dell'ampiezza che il Creatore le ha posto davanti.

Una delle cagioni che più grandemente impedisce all'uomo di profittare di questa superficie, è appunto la mancanza d'acqua. Sviluppasi enormemente la popolazione colà dove i continenti sono frastagliati, seminati di mari interni, o di laghi, o di vasti corsi d'acqua; togliete questi, allontanate il suolo dal mare, cessa la vita e l'uomo non può

più vivervi. Ne è la prova il centro dell'Australia, dell'Africa e delle Americhe, le quali benchè non siano perfettamente prive d'acqua, sempre però la secchezza delle calde estati basta a sospendere la vita per alcuni mesi e render la terra incapace di mantenere la vita e l'uomo soprattutto. Eppure le acque sono così estese in confronto delle terre. Or che sarebbe se le terre fossero in copia più grande de' mari? Le regioni abitabili già scarse lo sarebbero vieppiù. Talchè noi vediamo quest'eccesso di acqua, che a prima vista pareva un limite alla vita, esser per lo contrario già coordinato alla prosperità della medesima.

Date un'occhiata adesso alla distribuzione relativa di queste terre colle acque. Eccovi i due continenti vecchio e nuovo separati da un canale che quantunque i nostri vapori trasatlantici (prodigi dell'arte moderna) impieghino 10 giorni ad attraversarlo, non è però che un vero fosso frapposto alle due terre. All'angolo sporgente dell'Africa nel Capo Verde corrisponde il rientrante dell'America nel Golfo del Messico con un corso parallelo perfettamente. Nella regione superiore verso il polo, all'angolo sporgente di Terra-Nova corrisponde l'insenatura del Golfo di Guascogna, e al di sotto del Capo Verde all'angolo sporgente del C. S. Rocco nel Brasile corrisponde il seno della Guinea dell'Africa Australe. In questo canale corre realmente un fiume di correnti di acqua che studieremo a suo tempo. Questo canale che rappresenta una immensa fenditura del globo contiene le profondità maggiori dell'Oceano, e l'essere quasi completamente privo di isole lo mostra a vista. Le ultime ricerche fatte sulla sua profondità han fatto vedere che però esso nel suo mezzo tra l'Europa e l'America ha un dosso che ne divide la profondità in due parti, talchè nell'inferior sua regione è veramente bifido, e questo dorso è quello che si emerge alle isole del Capo Verde.

Dall'altro lato dell'America tra il nuovo e vecchio continente si spande l'Oceano Pacifico. È questo un mare immenso seminato di innumerevoli isole: un arcipelago sterminato, che abbraccia pressochè mezza la superficie del globo. La sua denominazione venne dal credersi colà più rare in proporzione le burrasche.

Vi dissi già che i primi viaggiatori credettero quella parte del globo coperta da una terra incognita, e l'America per essa direttamente continuata fino all'India. Se ciò fu errore di fatto, la natura sembra renderlo scusabile, perchè questo oceano è in proporzione così poco profondo, che qualche centinaio di metri che si sollevasse il suo fondo esso si convertirebbe in immenso continente, del quale le numerose isole non sono che le cime più elevate delle catene delle sue montagne;

anzi in alcune regioni il fondo per opera de' polipai si va così elevando che la grande navigazione ne viene progressivamente impedita. Perduta in questo mare giace la Nuova Zelanda, isola più grande dell'Italia e talmente disposta che è quasi a noi antipoda.

L'Oceano Indiano è spaventoso, se non per i mostri favolosi che vi dipingevano gli antichi, al certo per le grandi burrasche, pei cicloni che si sviluppano fra que' numerosi canali che lasciano le isole, specialmente nel cambiamento delle stagioni. Un cielo coperto, specialmente nelle regioni più vicine al polo, è il retaggio di quelle vaste regioni ove perdute sono le isole di Zanguebar, di S. Paolo, dell'Assunzione in mezzo a continue nebbie e pioggie, che impediscono i raggi di penetrare alla superficie della terra, onde quelle poche isole benchè poste a latitudini pari a quelle ove nell'emisfero boreale sono fiorenti capitali, ivi è una eterna desolazione.

La distribuzione delle terre e de' mari pare senza legge, ma se collocate il globo in modo che al punto culminante siano i Pirenei di Spagna vedrete quasi tutte le terre sopra l'orizzonte, non restandone sotto che l'Australia con poca parte delle isole adiacenti al continente indiano, Borneo, Sumatra, le Filippine e una porzione dell'America del Sud. Questo vi mostra che il nostro globo non è omogeneo, e che la parte interna che è più densa resta là dove lo coprono i mari.

Ma non crediate però che enorme sia la preponderanza in altezza di queste terre. È vero che i monti più alti arrivano fino a 8500 metri nelle alture del Tibet, ma queste guglie non sono che obelischi che s'inalzano su alti basamenti. Spianate che fossero queste masse non alzerebbero esse che di pochi metri l'altezza media dei continenti. I Pirenei stesi su tutta la Francia l'alzerebbero di 35 metri. Le Alpi squagliate e sciolte su tutta Europa la innalzerebbero di m. 6,86. L'Imalaja innalzerebbe l'Asia di 108 m., e notate che queste grandi cime si estollono su di un alto piano di cui pure si tien conto. Una catena di montagne è come un semplice prisma triangolare di base ampia, e di altezza considerabile se volete, ma che stringendosi a nulla sulla cima contiene pochissima materia, e può considerarsi come un semplice muro che se è atterrato, benchè altissimo, solleva di poco il piano circostante. Se noi imaginiamo i continenti ridotti tutti in piano, onde si alzino le bassure e si livellino le alture, si avrà per l'Europa una altezza media di 205 m., per le due Americhe 285 m., per l'Asia 350 m., e in media 282 m., cioè meno di 300 m., cioè quanto è alto qui da noi la vicina Frascati o la terra di Grottaferrata.

Son dunque piccole scabrosità le montagne che poco rilevano sulla

massa terrestre e tutte le speculazioni fatte su di esse per dar loro importanza cadono a terra. Il vero si è, che sono molto meno di ciò che si suol dire, cioè che sono paragonabili alle rugosità di un arancio. Sarebbero appena tali se le rugosità dell'arancio fossero su di un globo di un metro e mezzo di diametro, cioè sono le scabrezze naturali de' nostri muri ordinariamente levigati (1).

I grandi continenti hanno varie pendenze, ma una è la media generale ben dominante nelle due Americhe che si inclinano verso l'Atlantico. Nell'Asia la pendenza è piuttosto a modo di padiglione tutta attorno, e nell'Africa la pendenza sembra piuttosto dominare pure verso l'Atlantico, come lo accennerebbe l'andamento del nuovo fiume tracciato da Stanley da lui chiamato Livingstone e che unisce l'Ululaba al Congo che così prende le sue origini nei laghi interni molto fuori del suo centro verso l'Oriente.

Le profondità de' mari non sono che le vallate corrispondenti alle altezze de' monti rappresentati dai continenti. Il mare è più profondo presso le coste ripide, che presso alle spiaggie sottili. Lo scandaglio non ha rilevate profondità maggiori di 8 mila metri in pochi punti dell'Atlantico. Le antiche profondità favolose erano dovute alla imperfezione de' metodi di scandaglio. Le grosse e lunghe funi erano deviate dalle correnti sottomarine ed esageravano la profondità. Ora si usa nello scandaglio invece della corda un filo di acciaio, la cui piccola sezione dà solo minima presa alle correnti, e il momento del tocco che fa il peso col fondo solido, si può determinare colla massima precisione.

Qui concluderò questa lezione con farvi osservare un fatto importante sulle forme de' continenti: le terre tutte, senza eccezione, e la massima parte delle loro adiacenze ed isole sono terminate in punte acute al Sud. L'Africa, le due Americhe, l'Australia l'India fra i continenti, la Sicilia e molte altre fra le isole e penisole ci presentano questo curioso aspetto. Qual ne sarà la causa? Essa sembra riposta nel giro delle acque del gran fiume Oceano, che formerà uno dei de' nostri studi più importanti; ma in genere la causa di tutte queste particolarità è ignota, e la nostra scienza è incapace a darne ragione. La spiegazione di questi fatti risiede nella storia di quelli eventi che da secoli prepararono lo stato delle cose attuali, e che dobbiamo investigare. Dietro questo studio avremo forse un po' di luce.

(1) Infatti i massimi monti hanno 8500 metri al più, mentre il raggio terrestre ne ha 6.356.078, cioè è 748 volte maggiore, onde per un millimetro rappresentando il monte, il globo deve avere il diametro di metri 1,50.

LEZIONE II.

Lavorio dell'acqua sulla superficie della terra.

L'acqua non solo cinge la terra, ma vi si interna e la penetra. I fiumi che la solcano per ogni verso sono i più grandi escavatori di quelle valli che li conducono al mare. Lavoro immenso, incessante che porta continuamente le nostre terre in mare e che tende a spianare le terre nella profondità delle onde.

I più grandi fiumi si trovano nei più vasti continenti che presentano bacini più vasti ed estesi. La lunghezza del corso di un fiume, è in certo modo la misura dell'area scolata dal suo canale. Nella tav. II sono indicati i corsi de' più celebri fiumi. È manifesta l'immensa disparità delle loro lunghezze. L'America ce ne dà i più colossali. La Plata, le Amazoni, l'Orenoco, ecc. L'Asia ha il Gange, il Brahmapoutra, i fiumi della Cina, il Bleu, il Rosso. L'Africa se ne credeva priva, ma ora si è veduto che ne formicola, e oltre il Nilo ha il Livingstone che mette colle Amazoni in competenza la lunghezza del suo corso. L'Europa il Danubio, il Reno, ecc. Meschini sono, benchè grandi in sè, quando vengono posti in faccia a questi, il Po, il Tevere, che non hanno che bacini infinitesimali.

I fiumi non solamente sono le grandi arterie per cui circola la vita mediante l'acqua che essi trasportano, ma sono anche potenti sorgenti di lavoro, che trasformano la superficie della terra. Il nostro pianeta è un corpo uscito dall'acqua, e alla sua superficie tutto lavorato e scolpito dall'acqua. Questa proposizione contiene tutta la sua storia, che ci proponiamo di sviluppare. Per andare con l'ordine naturale dello studio analitico dobbiamo cominciare dall'esame della seconda parte, riserbando all'avvenire quella della sua formazione.

L'acqua deve considerarsi sotto tre diverse relazioni in ordine alla terra. Nel fondo delle valli corre liquida nei fiumi. Nella cima delle montagne si spande come inviluppo solido di ghiaccio. Nella vastità degli oceani si raduna come in immenso serbatoio da cui tutta parte e tutta vi riede con ineffabile circolazione. In tutte tre queste relative esistenze essa lavora incessantemente a modificare la superficie dei continenti, e (cosa che parrà strana) essa tende assolutamente a distruggerli tutti e portarne le loro masse in fondo al mare. Vediamolo.

Voi avrete veduto le cento volte certamente nel vostro giardino, dopo una grossa pioggia, l'acqua correr torbida per le chine, e solcare qua e là le piccole aiuole inclinate, facendo rigagnoli che andavano a depositare la terra e le sabbie dalla cima delle prode al fondo dei vostri viali. Or questo lavoro, che si fa in iscala microscopica in un giardino, esteso ad un continente diventa un'azione colossale. Anzi guai se sui monti e su tutto il globo essa avesse l'azione che ha sui piccoli tratti di terreno smosso e coltivato! Le regioni formate di terreni sabbiosi e mobili sono notissime per gli immensi burroni che vi scavano i torrenti (come p. e. nelle Calabrie), e per le frane che vi producono le pioggie che vi trasportano spesso montagne e paesi. Le montagne resistono perchè sono di duro sasso, ma non restano del tutto invulnerabili. Soggette all'azione delle pioggie, dei geli, dei fulmini, degli uragani, le rupi si staccano dai fianchi dei monti, rotolano al basso nel burrone. Lo scoglio così isolato è dal torrente strascinato, rotolato e rotondato, e diventa un ciottolo, appresso una breccia, lasciando ridotte in minuta sabbia tutte le scheggie e le altre sue parti, talchè dalla mole di una montagna, infine si riduce a sabbia e melma impalpabile. Questo lavoro da secoli prolungato ha coperto la base delle montagne di minuto detrito, di sabbia e di terra finissima che ogni pioggia seco trascina. I viaggiatori che salgono alle erte cime alpine sono spesso vittime di valanghe di pietre che il semplice loro passo determina collo smuoverne qualcheduna incautamente. L'acqua gelando si dilata e sconnette i massi e fa ciò che fanno i nostri ingegneri spaccando i monti con biette e mine. Questa mina del ghiaccio è silenziosa, ma immensamente potente. Sciolte le nevi, le pietre son libere, i venti, le pioggie s'incaricano di fare il resto. Nè solo le montagne più fissili, come i calcari o gli schisti, ma i più solidi graniti sono così disgregati.

Quella superba strada, tagliata, con tanto stupore del mondo incivilito, dal celebre conquistatore sul principio di questo secolo in mezzo alle Alpi, detta del Sempione, è sulla costa di un solco fatto da un torrente tra le dure vette di graniti che si estollono alle nubi verticalmente.

Or bene: se guardate la gran vallata di Domodossola, vedrete se quei graniti sono indistruttibili. Li trovate in infiniti pezzi sparsi per tutto coprire l'immenso cono di dejezione che si apre in quella valle il torrente, e tutto quel fondo una volta lago e ghiacciaio, e simile ai *fiordi* dell'oceano polare, ora è un ammasso di ciottoli che annualmente ad ogni piena cresce di un nuovo strato. Il torrente che lo traversa ne

porta via una parte, che, come annuo tributo, va apportando pian piano al lago Maggiore di Lombardia, poi nei fondi dell'Adriatico, per la via principale del Po, ed infine al Mediterraneo. La conseguenza di questo lavoro si è che come le gole interne si sono già colmate e son divenute campi coltivabili, così si colmeranno i laghi attuali, col tempo, e infine il mare stesso invaso a poco a poco verrà ad interrirsi. La mente si perde in pensare ai secoli che ci son voluti e vorranno a tal lavoro, ma il lavoro che si è fatto finora continua adesso, e si farà per l'avvenire, e se togliete le reazioni di cause opposte, tutte le grandi catene saranno livellate, e spariranno in tanta fanghiglia in seno al mare.

E qui notate che ho parlato finora di quelle operazioni che sono continue ed abituali, e che passano per ciò inavvertite. Che diremo delle pienare, dei cataclismi, delle rotture di dighe e dei famosi *debâcles* delle montagne, quando gli argini naturali dei laghi, le morene e le sponde di ghiaccio che sbarrando fiumi e torrenti e creando laghi temporanei, si sfasciano in un istante, e giù a precipizio strascinano montagne intere, portando la desolazione e la rovina ai piani sottoposti. Questi casi, benchè rari, formano una partita notabile di questi lavori, e le une e le altre contribuiscono alla mutazione del globo.

La pioggia che cade dal cielo è acqua purissima, distillata, ma quella che corre nei nostri fiumi oh! quanto è sozza. Ora tale sozzura e intorbidamento non da altro deriva che dal detrito dei monti, dal trasporto delle terre. Chiunque, anche per poco, abbia viaggiato in paese montuoso, sarà stato sorpreso a vedere a destra e sinistra le roccie affatto simili, e la valle correre come una spaccatura nel monte. Si credè per un pezzo che le valli fossero effetto di tali evidenti spaccature, ma ora si è convinto che esse sono per lo più un lavoro dell'acqua che corrose quei sassi e si formò quel passaggio e in fatti il fondo di quelle valli non è fratturato, ma solo corroso nell'imo.

Nè i fiumi son paghi di portare in basso i dossi delle montagne. Quante volte anche al piano inveiscono sulle loro ripe medesime, rodendo ora a destra ora a sinistra le più solide rocce, e minando collo scalzarle quelle che non possono corrodere. È vero che essi qualche cosa lasciano talora, ma ciò non è che poca materia sciolta a basso livello, e in una delle furiose loro piene portano via in un giorno quanto avevano depositato in più anni. Così vagando a destra ed a sinistra, i fiumi scavarono a lungo andare quelle larghe valli nel cui fondo scorrono appresso le vene perenni come ruscelli, come potete

vedere nel corso del nostro Tevere. Il colle su cui noi siamo se è separato dall'opposto monte per l'ampia vallata che contiene Roma, lo è per l'azione del Tevere che, corrodendo ora a sinistra ora a destra i due fianchi, ha preparato quell'ampia valle che ci presenta sì vago aspetto.

Se poi si presenta al fiume un dislivello, allora esso fa un salto che diviene sorgente di lavoro infinito colla caduta delle acque. Le cascate sempre si ritirano; quelle tanto famose del Niagara in America logorarono parecchi chilometri di uno strato calcare compatto. Al nostro Aniene, per salvare la città di Tivoli, si è dovuto dare un letto artificiale, facendolo passare entro due cunicoli sotto al monte Catillo; ma la prima soglia di scarica costruita a tempo nostro è già scomparsa, e fra poco la caduta sparirà sotto i cunicoli artificiali, e verrà un giorno che la cascata si farà prima dell'ingresso ne' cunicoli stessi. Il nostro Tevere non ha cadute, ma è famoso per la sua bionda tinta; or essa non dipende che dalle terre che trasporta seco, più o meno tinte di ocra ferruginosa delle montagne Umbre e Sabine. Nelle grandi piene un secchio d'acqua profondo 20 c. deporrà al suo fondo mezzo millimetro di spessore di materia solida, sicchè l'altezza di 6 metri d'acqua darebbe 15 millimetri; quantità rispettabile. Nelle piene che appena coprono i prati di 1^m di acqua si trova un deposito di 5 a 6 millim. di melma, e più. Questi depositi si mettono dagli agricoltori a profitto per colmare i bassi fondi e le valli. Un calcolo alto alto mostra che questo fiume porta in mare ogni anno tanta roba quanta bastar potrebbe a formare un monte almeno pari al monte Testaccio o al Pincio.

La prova di fatto di tale trasporto è l'immenso deposito che esso ha fatto alla foce. Ai tempi del re Anco Marzio la foce del Tevere era ad Ostia, che appunto così si chiamò quella città perchè era alle bocche (ostia) del Tevere. Ora Ostia dista dal mare più di 3 miglia. Il Tevere ha coperto e lasciato dentro terra per più di un miglio tutte le costruzioni del magnifico porto Romano fatto da Claudio e ristorato da Teodorico, perchè già fin d'allora erasi reso inservibile appunto per gli interrimenti fatti dalle materie portatevi dal fiume. Esso va proseguendo così rapidamente che ogni anno la bocca detta della Fiumara adesso si estende di 3 metri e di quasi altrettanto quella di Fiumicino. Il Tevere nei tempi antichissimi e preistorici sboccava in un seno di mare che arrivava all'attuale sito detto *Ponte Galera* (1) sopra la Magliana poc'oltre Roma. Ora ha non solo riempito quel seno ma vi ha formato

---

(1) Veggasi la tavola geologica, n° III.

un promontorio visibile, e sotto mare ha creato un basso fondo che va fino a 7 chilometri di distanza, lasciando solo un superficiale strato d'acqua che impedisce la navigazione ai grandi legni.

Il Po, fiume ben più grandioso del Tevere e il maggiore nell'Italia, estende le sue materie da Ravenna a Venezia. Adria, alle epoche storiche, una volta in riva al mare, a cui diede il nome, ora ne dista 8 miglia, e per le materie portate dal Po, dall'Adige, dal Brenta ed altri fiumi, progredisce continuo l'interrimento di quel seno, tanto che per lo scarico di quei fiumi le famose Lagune di Venezia saranno, dentro tempo non lungo, colmate, e questa regina de' mari, tanto famosa pel suo isolamento, diventerà una città di pianura. Il tempo è remoto, ma non sarebbe difficile il calcolarlo, poichè il fondo delle lagune va sempre scemando, specialmente dopo l'arginamento artificiale dei fiumi del primo littorale che li obbliga a portare tutte le materie di corrosione al mare. Materie che senza essi argini verrebbero sparse per le basse campagne.

Ma che cosa sono questi fiumi se non ruscelli in faccia ai grandi corpi d'acqua convogliati dai grandi corsi dell'India, il Gange, l'Indo, il Brahmapoutra, i fiumi della Cina, il fiume giallo, il bleu, ecc., e tanti altri; con quelli dell'America il Mississipi, la cui foce si protrae dentro al golfo del Messico in forma di *zampa d'oca* per enorme tratto, l'Hudson, il Makenzie, il Delaware nella settentrionale, e quello delle Amazzoni, della Plata, ecc. nella meridionale, che spingono le acque dolci e le loro torbide fino a 200 e 400 chilometri entro il mare? La grandezza di questi corsi d'acqua è proporzionale ai bacini a cui essi servono di scolo, e dove raccolgono l'eccesso dell'acqua piovuta sulla evaporata. Quindi i corsi più lunghi li trovate ove i bacini sono più vasti, cioè nel continente asiatico e negli americani. I depositi formati da questi fiumi alle loro foci formerebbero vere montagne se la materia fosse accumulata entro un piccolo tratto. Del Gange si calcola che farebbe una montagna alta 300 metri e avente 1000 chilometri quadrati di base in un anno.

Se queste montagne non si formano si è perchè le acque dolci galleggiando sulle salse allo sbocco, le onde marine colle loro agitazioni disperdono le masse in istrati sottili, e le diffondono in superficie sterminate. Le sabbie comuni si depongono da prima alla foce formando le sbarre; appresso vengono le fanghiglie minute che dalle agitazioni marine vanno a distanze enormi. Quelle del Tevere solo vanno fino a 30 miglia e più. Figuratevi quelle degli altri maggiori fiumi.

Alle foci de' fiumi si formano i delta e gli estuarii. I delta sono le

protrazioni delle foci, con triangoli sporgenti. Gli estuarii sono le foci ove per l'azione del mare e per la configurazione del terreno depongono le materie a destra ed a sinistra del corso principale. Sono famosi i delta del Nilo, del Po, del Mississipi, del Gange, ecc. Queste sono pianure per lo più intersecate da numerosi canali, tutti tagliati dai bracci del fiume dentro i suoi proprii depositi.

I fiumi coi loro depositi ogni anno estendono i continenti di migliaia di chilometri quadrati, computando solo ciò che resta alla superficie visibile senza tener conto di tutti que' bassi fondi che essi vanno colmando pian piano in seno al mare, e che finiranno poi per arrivare alla superficie, e rendersi continenti visibili. Generalmente parlando queste estensioni di terreno si fanno mediante i *cordoni littorali*, che sono formati da dune o argini di sabbie fatte sulle spiagge sottili che lasciano dietro di sè delle acque chiuse in bassi fondi senza libero scarico al mare; queste così imputridiscono e si colmano solo lentamente, e sono la causa della malaria che regna generalmente in quelle regioni. Questi cordoni si sono molto estesi nell'agro romano nelle epoche posteriori ai romani e hanno prodotto una causa di malsania che non avea luogo all'epoca antica.

Dalle epoche storiche si sa che immensi terreni si sono così acquistati dovunque sono fiumi considerevoli; il solo Po ha già esteso i suoi continenti a migliaia di chilometri quadrati.

Tale è l'immenso lavoro che fanno i fiumi, e siccome nessun fiume è puro, così ognuno infallibilmente porta terra al mare, e finirebbero con distruggere tutti i continenti, se la Provvidenza non avesse supplito in qualche modo alla riproduzione delle montagne, come vedremo.

Ma il lavoro dei fiumi è ben mediocre in confronto a quello del mare. Il mare fa due uffici, esso *rode* ed esso allarga i continenti. Li rode col lavoro delle sue correnti, li aumenta col rigettare al lido una parte delle contribuzioni de' fiumi. Nel mare vi sono corsi di acqua salsa considerabilissimi che anch'essi rodono lentamente le sponde, e distribuiscono le melme ed i depositi fluviali; queste sono poca cosa in confronto di un agente più efficace.

Il gran fattore della corrosione operata dal mare è il suo moto di flusso e riflusso. Se io vi dicessi che la luna, fra gli altri suoi uffizî, ha quello di portare le nostre montagne in mare, voi sorridereste; eppure è così. L'attrazione della luna sulla terra è indubitata, come lo è quella della terra sulla luna. La terra la ritiene nella sua orbita, ma pure la luna esercita la sua attrazione sul globo nostro che sposta ora a destra ora a sinistra dell'orbita teorica di un certo piccolo spazio,

poichè l'ellisse teorica che si descrive attorno al sole non si descrive dal centro di gravità del globo terrestre, ma dal centro del sistema unito, luna e terra. Questi spostamenti ci riescono insensibili, perchè si compiono su tutta la massa complessiva del globo. Ma non è così per quella azione che si limita alle parti relative di esso. L'azione lunare si rende sensibile specialmente sulle acque del mare che tende a sollevare sul loro livello formando uno sferoide allungato nella sua direzione. Tale sferoide a modo di un'onda gigantesca, circola continuamente attorno al globo, e nei luoghi particolari ove passa successivamente l'acqua si gonfia e si sgonfia ogni dodici ore lunari, e ciò fa che il livello del mare si alzi periodicamente per sei ore e si abbassi per altrettante, il che costituisce il flusso e riflusso del mare. La cosa non è tanto piccola, come potrebbe credersi, considerando solo i nostri piccoli mari interni.

Bisogna portarsi sui lidi dell'oceano per conoscere l'importanza di questo lavoro che da noi è appena percettibile. Se voi vi presentate in tempo di bassa marea in un porto dell'oceano sulla Manica, come Boulogne in Francia o Folkestone in Inghilterra, ecc., voi vedrete tutta la spiaggia seminata di piccoli bastimenti in secco, il bacino del canale che costituisce il porto è in secco, e i vapori si appoggiano di fianco sui prossimi moli.

Voi domandate dove sta il mare, e ve lo additano a distanza di 2 in 3 miglia. Voi appena credete a chi vi dice che fra poche ore qui sarà mare, e che quel vapore che giace arenato vi trasporterà dall'altra parte dello stretto. Se non che guardatevi bene dal voler andare a vedere voi stessi là dove ora è il mare; potreste esser vittime della vostra curiosità. Arrivata l'ora opportuna, il mare comincia ad invadere le terre, e sulle spiaggie sottili corre con tal furia, che a stento potreste salvarvi con rapido corso da lui che vi insegue. È qualche cosa che mette terrore il vedere la furia con cui l'onda incalza il fuggente. Non dimenticherò mai la profonda impressione che mi fece l'invasione delle onde al ritorno della marea nella mia visita al faro di Dublino. Benchè fossi su di un molo di granito, pure quel muggire dell'onda al piede che ritornava con orribile fracasso, mi faceva temere che ad ogni momento dovesse divorarmi da sotto i piedi la via, e quelle due miglia di strada che dovetti percorrere a piedi mi parvero ben lunghe.

In poche ore pertanto l'acqua ritorna, e *il porto è ristabilito*, voi vi imbarcate, e pria che si ritiri arrivate all'altra sponda dello stretto.

Ora questo spaventoso movimento si compie due volte al giorno,

cioè ogni 12 ore. È una piena di immenso fiume che scuote e logora tutte le sponde, entra in tutti i fiumi, fa rigurgitare tutti i corsi d'acqua e nel Tamigi si estende a molte miglia sopra Londra. Nel Potomaco, in America, si estende fino sotto Washington, cioè 300 miglia entro terra nella gran baia di Chesapeake.

Ora questo avvicendarsi di pienare e di scarichi potrà mai aver luogo senza un continuo attrito contro i lidi, corrosione di sponde, disgregamento di coste? Ciò è impossibile. È vero che non in tutti i mari essa corrente è sì impetuosa come nei mari stretti del Nord, ma infine più o meno essa domina dappertutto. Negli arcipelaghi seminati di isole, come alle Filippine, ne' canali, l'acqua si alza visibilmente, forma correnti furiose, talora sotto la pressione di 1 m. a 2 m. di caduta, e tristo quel legno che vi si trovasse preso. Essa rode gli scogli, corrode le sponde, e via porta le spiaggie. Città e castelli, colline e montagne che esistevano in tempi storici al lido del mare, ora non vi sono più perchè la marea portò via le basi, precipitò nelle onde le cime. Ed eccovi come la luna colla sua attrazione produce realmente il trasporto delle nostre montagne nel mare.

Tutto tende pertanto a demolire i continenti elevati, per colmare il fondo de' mari, e l'acqua è uno dei più potenti agenti in questa operazione.

Se vi rammentate che l'altezza media de' continenti non arriva a 300 metri, se anche un sol millesimo di millimetro ne fosse abraso ogni anno, vedete che non ci vorrebbe poi l'eternità per tutto spazzar via e portarli in fondo al mare.

Ma forsechè saranno esenti dalla sua azione le vette de' più alti monti, dove l'acqua non si precipita che in forma di neve gelata? Nullameno. Anche colà questo potente elemento estende la sua possanza. Ivi si formano i ghiacciai che sono uno strumento di distruzione non minore de' fiumi.

Un ghiacciaio è un deposito di neve che mista ed acqua si consolida in massa compatta e plastica che viaggia come un fiume di solida cera molle.

Nulla vi è di più vago e seducente che l'aspetto di un ghiacciaio alpino (v. fig. tav. IV). In mezzo alle gole di irte montagne voi avete una rupe coronata di più irte cime alternanti di una bianca neve e di un celeste zaffiro. Lo direste una immensa sega di una pietra fatata. Più da vicino questa rupe vi si mostra scoscesa, fessa in mille guise, irta di scogli, e nel suo interno sentite romoreggiar torrenti precipitosi. È questa la faccia di un ghiacciaio: la sua superficie da vicino

vi sembra un mare in burrasca colpito da un gelo istantaneo. Accostandovi ancora voi scorgete che ogni ghiacciaio consta di tre specie di gelo. Il più alto è una neve sciolta e farinosa. Più basso è un nevischio, cioè una massa di neve semifusa, porosa e impastata con acqua detta *névé*. Il terzo è nella regione più bassa, formato di ghiaccio compatto, trasparente e di un bellissimo azzurro, anche in mediocre spessezza. È l'alternativa di queste zone bianche e azzurre che desta l'incanto della lontana veduta. Questa struttura compatta l'acquista il ghiaccio colla pressione e col rigelo dell'acqua di fusione. Venendo per l'infiltrazione dell'acqua esclusa l'aria dalle porosità del *névé* cessa la sua opacità, e rigelando il liquido entro la massa, questa resta omogenea, limpida e trasparente. La pressione esercita una grande influenza in questa trasformazione, tanto che una massa confusa di ghiaccio può modellersi in una stampa e darglisi quella figura che più piace e renderlo opaco trasparente, venendo anche per tal modo esclusa l'aria dai pori della massa.

Il corpo che esercita in natura questa pressione è il peso del ghiacciaio stesso. Posta su di un piano inclinato e a contatto del suolo che ha temperatura superiore alla fusione, la massa nevosa è realmente mobile malgrado il suo attrito; compressa da questo peso essa discende per le gole delle montagne e all'alternativa delle fusioni cagionate dal sole e dalle pioggie nelle regioni inferiori alle nevi perpetue, viene lentamente scorrendo come una densa pasta. Il ghiaccio è poco duro là dove arriva alla bocca del ghiacciaio, si intacca profondamente con un coltello o con chiodo tenuto in mano, quindi non ha una resistenza perfettamente vitrea come si potrebbe supporre. Dentro un certo limite le sue molecole sono mobili, e possono cedere e spostarsi, e le masse grandi piegarsi leggermente. Aggiungete a ciò quello che dicesi *rigelo*, cioè che due masse rotte di ghiaccio facilmente si tornano a saldare come vedesi tuttodì nei ghiacci galleggianti ne' paesi freddi. Tutte queste particolarità rendono la massa del ghiacciaio un corpo flessibile, capace di mutar figura quando si scarica da un ampio bacino per una angusta apertura, come sono i così detti mari di ghiaccio (*mer de glace*) delle Alpi. Qual sorpresa che ciò faccia il ghiaccio se non solo il piombo, ma perfino il rame e il ferro si fanno scorrere colla pressione attraverso le filiere?

Se su di un ghiacciaio si piantano parecchi piuoli o picchetti disposti in linea retta trasversale, questi dopo pochi giorni si trovano disposti in una curva che volge la cavità alla parte alta del ghiacciaio. Ciò mostra che le parti centrali camminano più veloci delle laterali; tutto

appunto come accade in un fiume di acqua; se non che nel ghiacciaio la velocità è minima e arriva appena a qualche metro in un giorno. Questa velocità dipende dal pendìo del letto, dalla estensione de' contribuenti del ghiacciaio, e da' recipienti che hanno talora parecchi chilometri quadrati di superficie, e fino a 300 o 400 metri di profondità.

Colà ove la china e la velocità è troppa, il ghiacciaio non potendosi abbastanza piegare si rompe, e allora scrosci simili ad esplosioni spaventose si sentono in quelle solinghe e taciturne regioni. Queste fessure verticali larghe da pochi centimetri a qualche metro fanno vedere il grande lavoro interno del ghiacciaio. Da per tutto canali e polle di limpida acqua che sgorgano dalle pareti per raccogliersi in ampia nappa tra il ghiacciaio e il suolo, che agevolano il corso del ghiaccio, formano ruscelli innumerabili che mettono capo talora in un vero fiume che esce violento dalla *porta del ghiacciaio*, cioè da una vera grotta scavata nel ghiaccio. Queste grotte che talora sono anche artificialmente fatte per divertire i *touristes*, sono ambienti tali che mai le fate non ne inventarono de' simili, e da chi non le ha vedute appena possono immaginarsi. Voi in esse vi trovate come in una catacomba: ma in una catacomba di zaffiro, o di superbo cristallo; tutto luce intorno a voi e tra le più fantastiche forme che vestono di sopra e d'intorno le lame di ghiaccio, romoreggiano cascate e schizzano polle di limpido argento. Se non che una tinta cadaverica tinge la vostra faccia, e voi ridete della tinta de' vostri amici, e gli amici di voi, illuminato come siete allora solo da quel raggio di freddo colore. Solo alla bocca della spelonca gli oggetti esterni vi paiono per contrasto di un delicato color di rosa. Anche chi non è generoso alpino può gustare ora le viste de' ghiacciai, perchè essi si stendono nelle più colte pianure della Savoja e della Svizzera a contatto de' verdeggianti prati e di amene villette, ove per diletto passano i mesi estivi i beati del mondo presente.

La vista in distanza di un ghiacciaio dicemmo che rappresenta un mare gelato in burrasca. Que' coni dritti, quelle piramidi mezze azzurre, mezze bianche pel miscuglio del *névé* e del ghiaccio solido, vi paiono onde colte dal gelo mentre alla cima sono arruffate di spuma. I riflessi de' raggi solari su tanti specchi, e prismi cristallini, il rumore delle cataratte interne, delle acque correnti, lo strepito de' crepacci che si formano, gli echi che in quelle silenziose valli si moltiplicano all'infinito, formano un quadro incantevole a cui non può restare indifferente un amatore della natura. Una gita a Chamounix o al Grindelwalden nell'Oberland svizzero stampano un ricordo incancellabile nella mente di ogni visitatore. E non è meraviglia che arditi viag-

giatori sfidino pericoli e rischi infiniti per traversare quelle cime, per godere di quegli spettacoli, e che lo svizzero trasportato fuori del suo paese ne senta fisicamente la necessità di ritornarvi, fino a perire di *nostalgia* se non possa soddisfare questa tendenza. Ma la scienza ben altre cose e più importanti rivela in questo lavoro. Il ghiacciaio è un potente mezzo di distruzione delle montagne. I massi che la gelata stacca dalle cime rocciose sono dal ghiacciaio portati talora a distanze enormi. Sulla sponda occidentale del lago di Ginevra sono massi staccati dal lato orientale, e colà portati certamente per opera de' ghiacciai quando questi riempivano tutto quel lago. Famosi sono i massi granitici detti *erratici* che coprono qua e là il Giura calcareo e le pianure della Baviera e della Germania. Ma senza parlare di questi antichi lavori anche i più modesti ghiacciai portano immensi tributi alle valli. I massi camminano lentamente, cioè 60 o 100 metri all'anno, ma in fine giungono alla valle, e ivi alla fronte formano una specie di diga detta *morena*. Il ghiacciaio tutto rigetta alla foce, come il mare alla sponda. I soldati di Napoleone I caduti nelle fessure dei ghiacciai nelle sue famose traversate delle Alpi sono comparsi come cadaveri mumificati in questi ultimi anni nelle vallate della Savoia. Le guide e i troppo rischiosi *touristes* che cadono vittime della loro imprudenza nelle fessure o nei burroni, vengono anch'essi fuori mumificati dopo molti anni di dimora in quella apparente morta natura. Queste masse di sassi formano depositi immensi alla foce del ghiacciaio, e alla lor volta sono poi presi dal torrente e rotolati alla valle e poi ridotti in fanghiglia sono deposti in fondo ai mari. Le acque che escono dal ghiacciaio sono lungi dall'esser limpide. Sembrano una bianca biscia imbrattata di minuta cenere. Esse non si chiarificano che nei laghi ove, come in tante *piscine limarie* gigantesche, si purgano e rivestono il superbo loro color cilestro. Così il Rodano che entra più torbido del nostro Tevere nel lago di Ginevra, ne esce come limpido zaffiro dove alla profondità di 10 e più metri puoi scorgere le minute pietruzze che il curioso passaggero vi getta involte in bianca cartuccia. Ma tal lavoro di deposizione alla lunga trasforma i paesi. I laghi si colmano, e all'acqua succede la terra, ai pesci i quadrupedi, alla navicella del pescatore, l'aratro del contadino; e luoghi nelle Alpi che furono laghi profondi ora sono vaste pianure, e si raccoglie la messe sopra que' fondi che ressero navi ad epoche storiche. Questo lavoro in piccolo fatto nei laghi, è quello stesso che si fa da tutti i fiumi pei mari.

Il ghiacciaio è uno dei più potenti distruggitori delle montagne, vi

diceva io testè, e vi lascia i suoi segni. Le morene in prima, le rocce rigate in appresso. L'immenso peso di queste solide masse strisciando sulle sottoposte rocce e recando seco duri grani di quarzo e schegge di altre rocce più dure, fa quello che fa la ruota del pietraro che taglia e liscia i marmi coll'aiuto dell'arena silicea più dura ; e l'una e l'altra sono da questa azione ridotte in finissima poltiglia che è quella che rende torbide le acque del ghiacciaio. Le rocce su cui passò un ghiacciaio sono dunque lisciate, striate, levigate a solchi paralleli più o meno fini, e smussate de' loro spigoli vivi si trovano arrotondate come dorsi di montone, donde le dissero *roches moutonnées*. Di queste rocce le Alpi sono piene colà anche dove ora non è traccia di ghiacciai. Se ne trovano negli Appennini toscani, in tutta la Scozia, in Francia, in Alemagna, nelle Americhe, dappertutto in somma. Donde conclusero i geologi che i ghiacciai un tempo si estendevano molto più oltre che non fanno adesso nelle regioni montuose, come già anche in parte consta dalla storia: se non che altra volta essi coprivano non solo le radici delle Alpi attuali, ma immensa estensione de' continenti ora a nudo. E quindi ne trassero che altra volta il clima era diverso dall'attuale e stabilirono l'esistenza di un'epoca detta glaciale, in cui quasi tutto il *globo*, o almeno molte regioni, fossero coperte da un manto di ghiaccio.

Vedremo a suo luogo quanto vi possa esser di vero in queste idee. Ma intanto è fuor di dubbio che quelle immense moli hanno esistito in maggior proporzioni che adesso, e che in alcune regioni tali mutazioni sono indubitabili. Le morene glaciali si estendono alle pianure di Lombardia e fino nella Toscana, luoghi ove ora non è traccia di clima glaciale.

I ghiacci marini non la cedono ai terrestri in fare il lavoro di carreggiar terra in acqua. I ghiacci polari sono di due specie, una di quelli che si formano alla superficie delle onde in que' placidi *fiords* dette *flacques*, e sono croste sottili da principio che ingrossano al più di qualche metro col progresso de' freddi. L'altra è di masse colossali che formatesi sui continenti polari, camminando come i nostri ghiacci alpini sul pendio de' monti, arrivano al mare, dove mancato loro il terreno con immenso scroscio si precipitano in acqua. Le loro moli sporgono talora fuor d'acqua 30 metri e fino ad 80 m., il che suppone otto tanti di profondità nella parte immersa. Questi ghiacci come montagne galleggianti imbarcano sulla loro superficie sabbie, terre e pietre al modo che le portano i nostri ghiacci alpini, e trasportati dalle correnti oceaniche carreggiano tutto giù per l'oceano. Ben lo

sanno i naviganti de' mari polari che son per loro terribili nemici, perchè quando meno l'aspettano si trovano in faccia a una di queste isole galleggianti che nelle dense nebbie polari nulla fa sospettare vicine, salvo un grande abbassamento di temperatura nell'acqua, per cui in que' mari il termometro è arnese non meno indispensabile dello scandaglio.

Ora tutti questi ghiacci tengono una strada conosciuta che nell'Atlantico Boreale è quella della corrente che rade gli Stati Uniti e la nuova Brettagna. In questi mari meno freddi essi vengono assottigliandosi mano mano e finalmente si fondono, lasciando cadere a terra in fondo al mare, le polveri, le sabbie, gli scogli di cui essi erano carichi. Or bene, lo credereste, questi relitti che paiono un nonnulla, coll'andare de' secoli fecero l'immenso continente subacqueo chiamato *Banco di Terranova,* che è appena in media 120 metri sotto il livello del mare e copre parecchie migliaia di chilometri quadrati. È su queste pianure fatte dai ghiacci in fondo al mare che si è potuto stendere senza tema il canapo telegrafico transatlantico. Tanta è l'azione di un piccolo elemento che per secoli agisce con persistenza.

Eccovi pertanto veduto come l'acqua è quel sorprendente agente che serve a portare in mare i continenti, e che il globo terrestre fatto dall'acqua e nell'acqua, dall'acqua minaccia di esser tutto portato in acqua.

E vi riuscirebbe, se questa potente azione e continuata non venisse arrestata ne' suoi progressi da una forza antagonista che a suo tempo studieremo.

Nè crediate che questi trasporti, queste erosioni si facciono solo nelle sabbie, nelle arene, nelle roccie più tenere che ceder possono all'urto dell'acqua; anche i graniti alpini, che non possono dall'acqua esser intaccati e che si crederebbero poter esser quelle armature più solide che sosterranno la fabbrica del globo essi pure sono domati. L'acqua per sè non può intaccare il granito, è vero; ma l'acqua muove i ciottoli, i grani quarzosi, le sabbie e queste logorano le più dure sostanze, i porfidi, i graniti più resistenti, appunto come vi diceva che fa l'arte del taglia-pietre. Da queste corrosioni vien meno l'appoggio allo scoglio, che per l'azione de' geli, delle pioggie, de' venti precipita anch'esso in basso, e diviene preda del torrente. Il resto è giuoco conosciuto, ricordatevi di ciò che dissi della via del Sempione.

Questo ci dà una imponente idea delle azioni della natura; lente, ma costanti, ma continue, che come la precessione degli equinozi muta coi secoli la faccia de' cieli, così questa muta la faccia della terra, solo immobile in questo turbine di variabilità restando l'Eterno Motore.

LEZIONE III.

Circolazione dell'acqua nell'aria.

Tutti i fiumi entrano nel mare, ed il mare non ribocca, osservò già da gran tempo un sacro scrittore, e l'esperienza ogni dì cel conferma. Per qual via pertanto il mare smaltisce tante acque affluenti e da qual fonte la prendono i suoi innumerevoli contribuenti? Tale è il problema che si proposero da gran tempo i vecchi filosofi, senza poterne dare allora un' adequata soluzione. Se non che il problema è divenuto ora anche più arduo, giacchè abbiamo veduto la sorprendente potenza che ha l'acqua per demolire i continenti e ricacciarli anch' essi in fondo al mare. L'acqua non può far questo senza una forza che la sollevi in alto, la trasporti sulle alte regioni delle nubi, donde scende sulle cime de' monti e quindi alle valli, per passare poi carica de' detriti a riempire i mari. Or quale è la macchina che si adopera a tanto vasto ed incessante lavoro? Questa macchina è l'atmosfera; è la massa mista d'aria e di vapore che circonda la terra. E la forza motrice qual è? Non altro che la potenza del calor solare. Talchè in ultima analisi è veramente la forza del Sole che lavora e scolpisce i nostri continenti. Sviluppiamo brevemente questa mirabile verità.

L'atmosfera è una gran macchina a fuoco; senza ruote è vero, senza pistoni e cilindri e senza bielle, ma pure è una vera macchina, in quanto essa fa un continuato lavoro, cioè quello di sollevare sì vaste masse di aria e d'acqua ad altezze prodigiose, vincendo la forza di gravità dapprima, e poi lasciandole in sua pienissima balìa. Essa è una macchina termica, cioè mossa dal calore e questo viene dal Sole.

Il calor solare ferisce tutto il globo a cui estende i suoi benefici raggi, ma a preferenza esso esercita la sua azione sulla zona torrida, poichè sta sempre a perpendicolo su qualche punto di essa. Questo dardeggiare più efficace perchè ivi è più diretto, perchè ivi è minore la spessezza dello strato atmosferico assorbente che è attraversato dai suoi raggi, determina un'elevazione di temperatura generale che ha un doppio effetto: il 1° di dilatare le masse aeree e così diminuitone il peso specifico produce il loro sollevamento a modo di gigantesca colonna ascendente. In 2° luogo trasforma una enorme massa d' acqua in vapore che pel suo naturale minor peso specifico e per la sua elevata temperatura sollevasi ancor essa in alto mista alla colonna aerea.

Da questa azione combinata già ne nasce subito un gran benefizio per quelle regioni, ed è che per esso riescono capaci di sostenere la vita. Le masse calde sollevandosi si tolgono dal contatto del globo senza di che diventerebbero infocate quanto una fiamma, e se fossero immobili distruggerebbero ogni essere vivente; e perciò gli antichi credettero inabitabile la zona torrida. Pei loro movimenti esse dan luogo a masse più fredde, le quali profittano alla lor volta del benefizio solare, rimescolando così tutto l'intero corpo. L'acqua inoltre per la gran quantità di calore che assorbe nel trasformarsi in vapore non permette all'acqua stessa nè all'aria di riscaldarsi quanto porterebbe il calore che essa riceve. La fisica insegna che ogni kilogrammo d'acqua che si svapora, esige tanto calore quanto sarebbe capace di alzare questa stessa massa a 506 gradi, cioè a farne bollire cinque volte tanto. Senza la evaporazione adunque l'acqua arriverebbe alla temperatura superiore a quella dell'ebullizione del mercurio! o piuttosto a quella dei corpi roventi.

Ma l'aria mista di vapore così sollevata non può ascendere senza fare un vuoto sotto di sè e richiamare l'altra aria da tutto intorno, onde è che come nei nostri camini mentre si produce una corrente ascendente per la canna, entra l'aria per tutte le fessure delle porte e delle finestre, e correndo presso al pavimento va a riempire il vuoto formatosi; così per simil guisa ne nasce una circolazione continua in tutta la massa aerea che dalla zona torrida si espande su tutta la superficie del globo. Studieremo ben tosto le leggi di questa circolazione. Un primo risultato di questo stato di cose si è che sollevatasi in alto l'aria calda carica di vapore, ed ivi trovando l'ambiente più freddo, viene a condensarsi una porzione del vapore stesso, ed a ricadere in pioggia. Così sono originate le pioggie periodiche de' tropici che accadono appunto nella stagione in cui i raggi più cocenti del sole dardeggiano a perpendicolo quella zona. Si calcola che l'evaporazione nella zona torrida è ben di uno strato d'acqua alto annualmente cinque metri. Di questa enorme massa d'acqua, tre quinti ricascano sulle regioni stesse tropicali donde salirono, o ne' dintorni, procurando così un'altra sorgente di frescura alla terra col portarvi la bassa temperatura trovata in alto, ed insieme riscaldando le regioni elevate col calorico emesso nell'atto che esso vapore è tornato in acqua. Così l'atmosfera nella zona torrida che sarebbe la più tormentata dal calore, col suo rimescolamento e col trasporto di calore dal basso all'alto, riesce opportuna e tollerabile alla vita, mentre altrimenti non potrebbe esserlo.

Ma questo benefico effetto non si limita solo alla regione equatoriale,

ma si estende a tutto il globo. La corrente ascendente che dicemmo generarsi, non è realmente una colonna immobile su di un' area costante, ma pel moto diurno della terra sotto al sole, la regione battuta direttamente dal sole muta continuamente posto, e la colonna ascendente senza cessare assolutamente di elevarsi dove fu destata durante il giorno, si indebolisce soltanto un poco durante la notte, ma rinforzandosi il giorno appresso, ne avviene che in luogo di una semplice colonna abbiamo colà un vero anello che cinge il globo da cui sollevasi una zona continua d'aria notte e giorno, soltanto più forte nella giornata che nella notte. Inoltre siccome il sole cambia posto in cielo andando nel corso dell'anno da un tropico all'altro colla corsa di circa 47° in declinazione, così questo anello va oscillando con esso ed ora è da una parte ora dall'altra della posizione centrale, rimescolando così successivamente l'aria dei due emisferi.

Costituitasi questa zona mediana l' aria viene naturalmente richiamata a destra ed a sinistra dalle regioni laterali cioè dalle temperate, le quali sarebbero così percorse da un flusso continuato di aria dirigentesi lungo i meridiani dal polo all'equatore. Avremo pertanto così, per usare il termine meteorologico, due correnti orizzontali dirette dai poli all'equatore ed una ascendente in mezzo. Ma questa corrente ascendente non può salire indefinitamente, e benchè si scarichi di una parte della soma del vapore e del volume pel freddo, pure non si perde nello spazio, ma si riversa dall'alto a destra e a sinistra verso i poli per andare ad alimentare la corrente che si strascina sul suolo e rimescolare il resto dell'aria lontana. Nella figura 1ª qui contro N e S sono le regioni polari e C Z la verticale all'equatore, lungo la quale si solleva la corrente aerea che si rovescia a destra e sinistra. L'aria discesa alle medie latitudini in parte ritorna pel basso all' equatore, in parte va ai poli a riscaldare anche quelle regioni. Sicchè con questa ascensione centrale si riesce effettivamente a mettere in moto non solo l'aria della zona perpendicolarmente collocata sotto il sole, ma anche quella che è a notabile distanza, producendo immediatamente un vento da Nord a Sud nell'emisfero boreale e da Sud a Nord nell'australe, con contro-correnti superiori in senso opposto.

Tale sarebbe la semplicità della circolazione atmosferica se la terra fosse a superficie omogenea ed in quiete assoluta nello spazio. Ma non verificandosi nessuna di queste due condizioni essa trovasi sostanzialmente modificata. E primieramente essendo la terra dotata di rotazione da ponente verso levante, avviene che l'aria che passa dai paralleli minori ai maggiori verso l'Equatore si trova avere minor celerità dei

paralleli stessi a cui arriva, e perciò stando in ritardo: e per conseguenza la terra che le è sotto correrà più di essa aria. Avverrà quindi ciò che accade quando noi corriamo contro l'aria ferma sulla ferrovia od in una carrozza, cioè si produrrà un vento in faccia di chi guarda verso levante, nella qual direzione si portano i punti della terra ove sta l'osservatore; girando la terra in verso opposto al movimento apparente del cielo, come si è detto; e questo vento di levante si sentirà tanto nell'emisfero australe che nel Boreale.

Ora ricordiamoci che per l'azione del calore solo si sarebbe prodotto un vento di Nord nell'emisfero Boreale ed uno di Sud nell'australe;

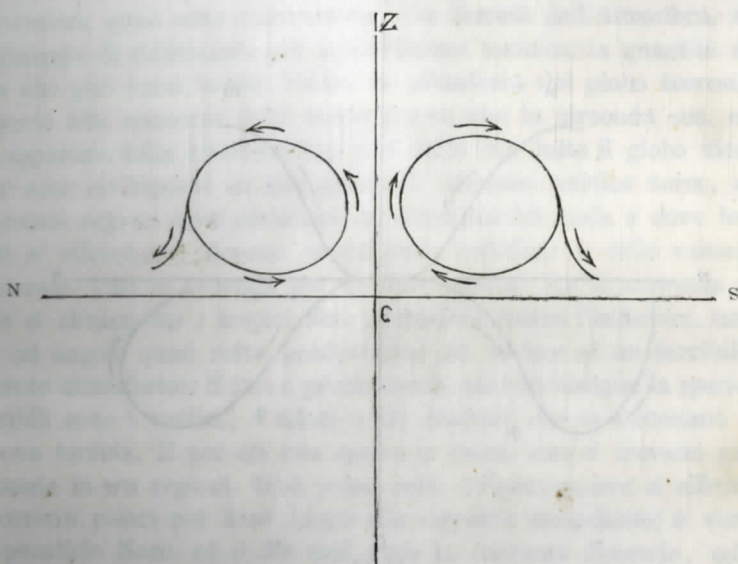



Fig. 1.

laonde componendosi i primi venti col secondo, ne nasceranno venti intermedî: uno di N-E nell'emisfero Boreale e l'altro di S-E nell'Australe. E questi venti esistono realmente e sono i famosi venti di commercio *(trade winds)* detti da noi *alisei*. Questi venti dominano sui mari liberi della zona torrida e sono costanti tutto l'anno; solo siccome la zona centrale sempre star deve sotto al sole, così hanno essi una fluttuazione annuale con cui oscillano sul globo in latitudine.

Il Maury (1) notò già questi limiti di venti e come essi siano più

---

(1) V. *Geografia del mare*. Ed. 2ª, E. Loescher, 1877. Capo V.

lontani da noi nel dicembre, e salgano fino presso le nostre latitudini nel giugno.

Queste correnti *nc, mc* (Fig. 2) oblique al meridiano in basso, sono collegate colle correnti alte *cp*, di S-O nel nostro emisfero e *cq* di N-O nell'altro. E queste direzioni oblique derivano da ciò che la corrente superiore passando da paralleli di gran raggio a quelli di minore, porta seco la sua maggiore velocità equatoriale e così l'aria avanza in corso i punti del globo che le corrispondono a perpendicolo. Talchè bene riflettendo le due correnti superiore ed inferiore non girano nello stesso piano verticale ma venendo la bassa da N-E per la traiettoria *nc*, ri-

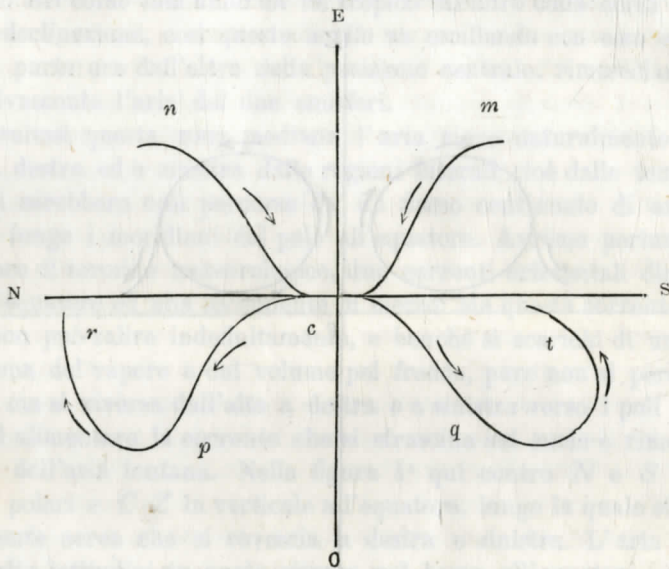



Fig. 2.

sale in alto obliquamente per *cp* per discendere più oltre in *r* e venendo dall'altro lato per S-E lungo la traiettoria *mc* risalgono per la *cq* e ridiscendono in *t* talchè fanno una specie di nodo che proiettato sull'orizzonte sui due emisferi prende la forma di una vera X.

Queste due direzioni così incrociate danno naturalmente luogo a numerosi effetti secondarî importanti. Il primo è il miscuglio delle arie de' due continenti Boreale ed Australe, che accade al luogo ove affrontansi le due correnti in basso.

In secondo luogo la massa circolante superiore discendendo in basso nella regione che è fuori delle regioni tropicali mentre una parte corre ad alimentare la corrente inferiore verso l'equatore, un'altra porzione

continua verso la regione polare anche in terra, soffiando al di là dei tropici e nelle medie latitudini come venti variabili in cui domina il S-O nel nostro emisfero e il NO nell'altro. Se la terra fosse tutta omogenea alla sua superficie, queste correnti ridotte al polo formerebbero, come credeva Maury, un vortice ascendente, ma essendovi le varietà superficiali de' mari e de' continenti, l'aria trova una via per ritornare su questi dalle regioni del polo in grandi correnti oblique tra le quali è notissima la corrente da Nord verso Est sulla nostra Europa.

I limiti di questa circolazione finora non si sono potuti stabilire, nè teoricamente nè empiricamente, perchè dipendono da molti fattori complicatissimi, quali sono l'elevazione e la densità dell'atmosfera, il suo coefficiente di dilatazione per la elevazione termica, la quantità di vapore che può tener sciolto l'aria, la grandezza del globo terrestre in rapporto alla spessezza dello strato d'aria che lo circonda ecc. ecc. Ma apparisce dalla struttura che si è detto che tutto il globo viene ad esser così inviluppato in una specie di immenso vortice aereo, e che in alcune regioni dove combinasi la direzione del nodo e dove le correnti si affrontano, devono aversi delle collisioni e delle calme ben dichiarate. Che se avvenga per qualche cagione che la corrente superiore si abbassi tra i tropici fino a scendere dentro l'inferiore, essendo esse ad angolo quasi retto, produrranno un vortice ed un terribile giramento atmosferico. E tale è precisamente ciò che insegna la sperienza. Terribili sono i vortici, i tifoni e gli uragani che si scatenano sotto la zona torrida. E per ciò che spetta le calme esse si trovano principalmente in tre regioni. Cioè primo sotto l'Equatore ove si affrontano le correnti polari per dare luogo alla corrente ascendente; e verso il 30° parallelo Nord ed il 30° Sud dove la corrente discende, ed una parte conservando la sua velocità preconcetta va al polo, mentre l'altra ritorna all'equatore. Queste sono quelle tristi calme che tanto facevano agonizzare i miseri naviganti, prima che l'esperienza imparasse ad evitarne le regioni, od i piroscafi le potessero vincere colla loro potenza.

Ma questa circolazione così regolare che trovasi negli ampi mari è lungi dal regnare su tutto il globo. Perchè dappertutto regnasse bisognerebbe che la sua superficie fosse tutto un oceano omogeneo, ma la presenza de' continenti la disturba in più luoghi. Le terre percosse dal sole appunto perchè non evaporano come le acque, si scaldano molto più e sui continenti si producono speciali colonne ascendenti che deviano le correnti normali di cui abbiamo fin qui ragionato. Nei de-

serti nudi dell'Asia e dell'Africa tropicale la temperatura del suolo arriva a 75 e fino a 110°, quindi questi due continenti producono, sotto l'equatore, delle fortissime deviazioni che arrivano al loro massimo quando il sole giunge ad esser loro sopra verticalmente. Queste correnti così deviate producono i venti periodici o di stagione detti *mussoni*, che spirano solo per certi mesi dell'anno sulle coste dell'Africa e dell'India, cioè fino a tanto che il sole mantiensi prossimo in quel perpendicolo e cessano quando esso se ne allontana.

Questi sono i famosi mussoni delle antiche navigazioni, il cui destarsi aspettavasi per mesi e mesi onde poter far vela per le Indie. Son queste quelle regioni ove nel mutarsi di corso delle varie correnti si scatenano que' vortici spaventosi che sotto il nome di cicloni, di uragani sono non men fatali delle calme al navigante, veri mostri non ideali che

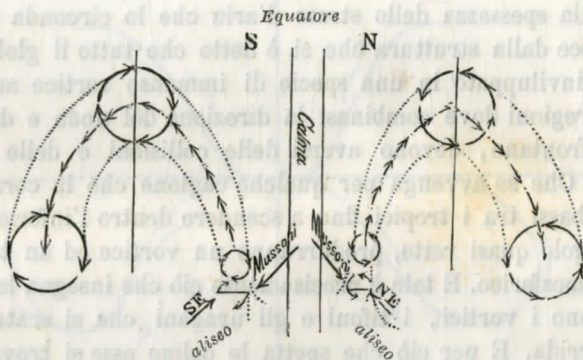



Fig. 3.

infestano i mari e che sono ben più terribili che quegli esseri favolosi di cui l'antica fantasia si divertiva a popolare i mari incogniti per ispaventare i naviganti. Mostri che forse non erano che il simbolo fantastico di questi veri flagelli della navigazione. Onde è che sempre più mi diventa ammirabile il coraggio di que' primi che senza nulla conoscere di tali pericoli si azzardarono in mezzo a quegli oceani sterminati, che pur ora incutono spavento anche dopo tanti studî e tanta pratica. Tanto è vero che il pericolo non conosciuto è una fortuna per l'uomo che lo rende audace perchè insciente! Da un lungo studio delle burrasche si è arrivato a comprendere il loro corso. I cicloni in genere si fanno ai due lati delle zone di calme, e dall'equatore camminano verso i poli, ma per vie curvilinee (V. Fig. 3); mentre il centro descrive una specie di parabola, l'asse che gira in circolo nell'emisfero Nord va contro

l'andamento delle sfere dell'orologio, e secondo esse nell'emisfero Sud. Lo scontro de' mussoni cogli alisei fa vedere come nascono questi moti rotatorî: questi cominciano a camminare dapprima verso ponente, salgono alle latitudini più alte e poi si ripiegano di nuovo verso levante, allargandosi e perdendo di forza. Là dove il moto di traslazione assoluta si somma col moto di traslazione nel circolo, è il lato *pericoloso* dei vortice, mentre l'altro è il lato maneggievole.

Capita così la circolazione aerea dell'atmosfera seguitiamone gli effetti fisici rapporto al vapore che l'accompagna. Dicemmo che due quinti di vapore restavano ancora in essa sospesi quando aveva raggiunto le regioni più elevate: or questi due quinti vengono trasportati nelle regioni laterali cioè parte nella regione delle calme ove si formano i nodi atmosferici, parte oltre queste ove l'aria continuando il suo corso spirale va ai poli. L'evaporazione inoltre non si fa solo nella zona torrida ma su tutte le masse d'acqua del globo, onde nelle latitudini medie al contingente proprio dobbiamo aggiungere il vapore colà portato dalle latitudini intermedie mediante l'indicato giro. In queste regioni il vapore colpito da nuovo freddo si riduce in acqua ed emette quel calore che ancora avea in serbo; e progredendo più oltre trovando nelle zone glaciali temperatura ancor più bassa, da liquido passa a stato solido, e così finisce di emettere altre 76 calorie, riducendosi in neve e ghiaccio.

È stato dimostrato da Dufour ultimamente che per far crescere i ghiacciai non è mestieri di pioggia; questi gelati bacini agiscono come forti condensatori del vapor acqueo sospeso nell'aria, che liquefacendosi e gelando al loro contatto come attorno tante sorbettiere, equivale non solo alle nostre rugiade, ma a copiose pioggie di parecchi piedi di altezza.

Il calore emesso in questa condensazione, nel mentre che preserva dall'agghiacciamento e dalla condensazione una massa considerabile del vapore sospeso, serve a mitigare il rigore de' freddi polari e a diminuire l'estensione di quelle calotte di ghiacci già tanto vaste di loro natura. Così queste regioni diventano principali regioni di precipitazione, come la zona torrida è regione principale di evaporazione. L'equatore così è la gran *caldaia* della nostra *macchina calorica atmosferica,* mentre le regioni polari ne sono il *condensatore.*

Intanto gli utili di questa circolazione sono molteplici, come in genere si verifica nelle funzioni della natura ove è difficile trovare un principio che faccia un solo servigio. Qui noi abbiamo in prima una distribuzione di calore, che mentre refrigera la zona equatoriale, con-

forta le polari, estendendo il regno della vita, ma un calore che passa in *istato latente* ossia direi quasi incognito per mezzo del vapore. Se quella quantità identica di calore si trasportasse per mezzo di aria o di un gas, questa acquisterebbe la temperatura della fiamma e distruggerebbe tutto; qui invece passa *beneficando* senza che alcuno se ne accorga! In secondo luogo abbiamo un principio di forza motrice nelle acque che accolte nelle nubi in alto cadono sulla cima delle montagne come piogge o come nevi, preparando a noi una potenza meccanica pel lavoro di cento opere idrauliche a sollievo della debole umanità, ed eseguendo sempre il gran lavoro meccanico del trasporto de' vecchi continenti per andarne a formare de' nuovi in mare.

E tutto questo, badate bene, è lavoro derivato dal Sole. Esso è il grande agente che mette in moto questa macchina calorica che è l'atmosfera, che solleva le acque dalla grande caldaia che è il mare, che le fa circolare, e per mezzo del vapore troviamo scaldate le regioni polari come nelle nostre città si scaldano gli stabilimenti industriali e il vapore tiene il posto delle stufe. Ma badate bene ad una circostanza ed è che questo effetto si produce senza uscire dai limiti di quelle temperature che possono essere tollerate dalla vita, anzi che sono a lei necessarie; senza l'intermedio vapore acqueo ciò non si otterrebbe; così nelle grandi regioni tropicali, la temperatura del mare appena in media arriva ai 25° od al più 27°.

È impossibile riflettere su le conseguenze della costituzione di un elemento così esteso come l'acqua, senza ammirare l'infinita sapienza che in tal modo ordinò gli atomi de' due gaz componenti che ne venissero a conseguire sì remote ed importanti influenze per la vita. Conseguenze la cui entità è stata appena rilevata da' filosofi dopo lunghi e penosi studî nel progresso della scienza attuale, benchè il campo non sia esaurito. Infatti la dilatabilità dell'acqua che gela fa che i nostri mari non si trasformino in solide masse di ghiacci impenetrabili all'azione calorifica del sole, e perciò impietriti eternamente appena formati. La quantità enorme di calore specifico, che l'acqua possiede, e di calor latente che essa assorbe e sviluppa ne' cambiamenti di stato, che è in proporzione maggiore che negli altri corpi conosciuti e che si utilizza per la vita in modo così mirabile, mostra che il *Primo Agente* ebbe un disegno in dare a quegli atomi tali proprietà di cui ammiriamo gli effetti senza realmente conoscere punto il loro meccanismo. Senza una *previsione* era impossibile a realizzarsi questo complesso di meravigliosi risultamenti senza che si cadesse in qualche sconcio o inconveniente. Nè per scemare la meraviglia basta dire che tali effetti na-

scono necessariamente da quella prima a noi ignota struttura, perchè anzi ciò l'accresce in quanto che per tale lontananza di origine era più difficile tal previsione. Ma ritornando alla meccanica atmosferica, questa grandiosa circolazione della massa aerea di ben altre conseguenze è feconda, ed è ben ammirabile nei suoi episodî.

Primieramente se ben si osserva essa forma una corrente che a modo di spira immensa avvolge il globo intero. Una massa d'aria partita p. es. dalle medie latitudini di 30 gradi, arriva per una via obliqua di NE presso l'equatore dove sale alla cima delle nubi, e si rovescia con un viaggio di SO, verso il polo facendo nella sua via superiore quasi angolo retto colla prima direzione inferiore. Discendendo a 30° circa, ivi si divide in due porzioni, ritornando una all'equatore, l'altra andando al polo, continuando in linea bassa ed obliqua ai meridiani di SO, per cui essa si perde in una curva spirale detta Lossodromica, che cinge il globo. Dove vada essa a finire e quali siano le ultime tracce del suo corso è impossibile dirlo, perchè anche colà le influenze delle terre e dei mari ne sturbano il corso ed i venti cessano d'avere il loro corso regolare e costante. Il principal nodo di questi giri è a 30° di latitudine perchè in tal posizione la calotta polare di 60° eguaglia in superficie la zona che da 30° si stende all'equatore, onde questa zona divide in due parti eguali l'immensa massa dell'atmosfera che copre ciascun emisfero.

Ma tal circolazione non è senza conflitti e miscugli, e se la legge geometrica ideale è questa, il corso però delle masse particolari può essere ben diverso. Compenetrandosi esse nella loro fluidità avviene ben spesso che le masse provenienti dal Sud si spingano nelle regioni boreali, specialmente in occasione di violente burrasche, ond'è che si sono trovate cadere al Nord delle polveri che portavano gli organismi viventi nella America meridionale.

Le burrasche sono quelle che interrompendo la monotonia di queste circolazioni teoriche favoriscono il miscuglio delle arie nei due emisferi, e conservano l'uniformità di composizione chimica dell'atmosfera. Queste nascono specialmente colà dove due correnti si affrontano, e per le loro direzioni diverse ed opposte producono un vortice che veste diverse denominazioni, ma tutte d'infausta fama. I tifoni della Cina, i cicloni delle Indie, gli uragani dell'America, le trombe ed i vortici di Europa sono una stessa cosa, cioè moti circolari vertiginosi che destansi nell'aria nella collisione di opposte correnti. Le regioni più infestate sono quelle dove hanno collisione gli alisei coi mussoni. Avrete spesso veduto nei fiumi e ne' pelaghetti come gli ostacoli creano que' liquidi imbuti in

cui se un galleggiante si incontra, esso è assorbito in basso per esser lanciato fuori appresso da lungi. Così è nell'aria, la forza centrifuga che domina in quelle masse produce un vuoto parziale, e questo una aspirazione dell'aria specialmente dalla regione superiore. Questa essendo enormemente fredda produce una condensazione di vapore che aumenta ancora il vuoto e con ciò la forza d'aspirazione. Così il vortice acquista una immensa forza meccanica per cui diventa capace di fare le rovine di bastimenti, di fabbriche, di selve, vicende ben note derivare da queste meteore. Un uragano corre almen 120 miglia per ora (per limitarsi al minimo) arrivando esso sovente al doppio. È questa una batteria che scaglia su di un metro quadrato di superficie una massa di non meno che 120 metri cubi d'aria per secondo, con una pressione che valutasi a 250 kilom. ossia 1/4 di tonnellata per ogni metro quadrato (1), che meraviglia che non resistano nè pareti di muri, nè navi, nè alberi? Per fortuna la massa lanciata non è solida ed è cedevole, soggetta a disperdersi contro gli ostacoli e a diffondersi, se no tutto sarebbe portato via ed inghiottito. Il mare sotto questo flagello si gonfia, si estolle e le sue onde acquistano tanta velocità, che come masse di metallo, al dire de' naviganti, infrangono non solo le navi, ma case, mura, scogli, cannoni, bastimenti e moli e quanto loro si para innanzi, trasportano come piume, come è accaduto nell'orrenda scena del p. p. settembre a Macao, ove le navi furono portate a delle miglia dentro terra, cosa che non è la prima volta che accade.

Ma non sempre l'aria è in furia, sdegnosa ed un agente sterminatore. Essa meccanicamente trasporta le nostre flotte sui mari, lavora nelle nostre macchine qual utile motore; essa colla abituale tranquilla circolazione fa il benefico lavoro della irrigazione delle nostre campagne, rinnova l'elemento vitale viziato dalle masse di popoli agglomerate nelle diverse città, per sostituirvi quella rinnovata in ossigeno della campagna. Quella stessa azione del calor solare che mantiene la circolazione generale sugli oceani, mantiene l'altra più mite e dolce che ci rinfresca ogni giorno nella circolazione quotidiana che forma le così dette brezze di terra e di mare, il cui dolce zefiro ci solleva nella nostra stagione estiva. Tutti sanno come a certa ora del mattino, specialmente in estate, sentasi un penoso affanno per l'aria quieta che stagna nei nostri climi. Ma non passa molto che un dolce venticello viene a rinfrescarci e che durando precisamente nelle ore più calde, ci refrigera dagli ardori canicolari. Questa è appunto la brezza che

(1) Meteor. soc. proceedings.

dal mare arriva a noi qui a Roma verso le 10 ore ant. e cessa verso le 5 pom. per dar luogo nella notte a un corso d'aria in senso contrario.

La ragione di queste oscillazioni tanto generali specialmente nei paesi costieri e caldi è questa. Il mare per la sua massa mobile acquea mantiene una temperatura poco diversa nella notte e nel giorno, ma la terra fa altrimenti. Scaldata dai raggi solari su di essa l'aria si dilata, ascende dappertutto; e come vedemmo fare in grande sull'Oceano, così fa in piccolo sopra ogni costa, e vi produce una colonna ascendente. Questa colonna richiama l'aria del mare che ne surroghi il posto, ed eccovi il vento dal mare. Nella notte invece il mare resta più caldo della terra la quale energicamente si raffredda per la radiazione, ed allora la corrente ascendente si determina sul mare che richiama l'aria dalla terra, e così forma la brezza di terra. Accade in piccolo ogni giorno ciò che vedemmo accadere in grande sull'India e sull'Africa pel corso annuale del sole, e dar colà origine ai famosi mussoni.

Ma fin qui l'aria non presenta un lavoro geologico diretto, ma solo indiretto mediante l'acqua. Tuttavia essa pure non manca di agire sulle masse per contribuire allo smovimento della massa solida del globo. Il precipitare che i venti ed i turbini fanno dalle cime de' monti i sassi e le pietre smosse dal gelo, il trasporto delle arene e delle polveri, talora a distanze enormi, come quelle dell'Egitto e del deserto che arrivano non solo a noi, il che è frequente, ma perfino nell'Europa settentrionale, coprendo i mari ed i fiumi di sabbia e fango alta talora parecchi millimetri, sono azioni direttissime che tendono a far tanto quanto fanno i fiumi. Aggiungete le molte azioni chimiche oltre le meccaniche che produce l'aria, quali sono la degradazione delle roccie le quali per la salnitrazione e per la umidità si sciolgono in mobile terra; l'ossidazione delle masse metalliche per cui diventano solubili molte durissime sostanze come il ferro; gli acidi che essa promuove col suo ossigeno, la distruzione degli animali per la putrefazione e la decomposizione che essa promuove, talchè nessun avanzo organico si conserva a lungo se resta scoperto all'aria libera; e avrete tante maniere con cui l'aria direttamente contribuisce a completare il lavoro dell'acqua ed apportare essa pure il suo contingente alla formazione di strati terrestri in fondo al mare.

Sicchè l'aria che è quella che nutre la vita degli animali, essa pure contribuisce in tanti modi e diretti e indiretti alla trasformazione di questo pianeta, e dà ad esso una specie di vera vita, che si manifesta nella circolazione dell'acqua e dell'aria per mezzo de' fiumi e dell'Oceano

come in un corpo vivente circola il fluido vitale, il sangue nelle vene e nelle arterie.

Ma questa generale circolazione vitale del globo merita di essere studiata anche più addentro, il che faremo in un'altra lezione.

LEZIONE IV.

Circolazione dell'acqua negli oceani.

Fu opinione degli antichi filosofi che i corpi celesti fossero forniti di una virtù che ne agitasse la mole e che mescolandosi ai loro corpi, ne mantenesse l'attività, virtù che essi chiamarono vita ed anima (Virgilio). Nell'infanzia della scienza e nella mancanza di un linguaggio filosofico speciale essi accomunarono a questi corpi de' nomi che si usavano per gli oggetti più noti, come sono i veri viventi, per indicare lo svolgimento di quella serie di fenomeni tanto somiglianti alla vita che in essi corpi vedevano. Quella immensa e continua circolazione dell'aria che abbiamo veduta nella lezione precedente, la quale mantiene in giro l'elemento vitale dell'atmosfera, l'aria e l'acqua potrebbe paragonarsi a quella circolazione che trovasi nei viventi. Ma anche meglio apparirà questo nello studio della circolazione dell'acqua, tanto nelle masse oceaniche apparenti, quanto nell'interno del globo.

Il mare ci si presenta come una immensa massa d'acqua che sembra rimanere sempre stazionaria, e che solo di tanto in tanto sia arruffata e sconvolta per l'azione de' venti. Ma in realtà la cosa è bene altrimenti, e quegli immensi specchi d'acqua son ben lungi dall'esser quieti. Una continua circolazione mantiene in moto quelle masse sterminate, ed è ora ben accertato farsi essa con leggi costanti e non differenti da quelle per le quali l'acqua circola ne' nostri recipienti esposti al fuoco.

Tutti conoscono come un vaso pieno d'acqua esposto al fuoco ben presto manifesta un moto intestino che si può render sensibile con materie galleggianti, e che arrivato a certo grado vi determina una circolazione apparente e continuata manifestantesi in un violento bollore dal lato ove più vigorosa è la sorgente calorifera. Ora questo stesso si verifica nel mare. Questo immenso bacino è sottoposto a due

cause che di continuo ne alterano l'equilibrio, cioè la temperatura e le correnti aeree. La temperatura de' mari è meno variabile che quella della terra, ma varia ancor essa, e nelle regioni equatoriali è maggiore e si estende a maggior profondità; si valuta all'equatore in media essere di 26°,7 c. e presso ai circoli polari di 4°,4 c. Su questa temperatura abbiamo adesso delle importanti informazioni grazie alle spedizioni inglesi del Porcupine e del Challenger. Nel Mediterraneo la temperatura va decrescendo fino a 1500 metri di profondità. Arrivata a questo punto essa è costante fino al fondo ed è di 12° $^1/_2$. Questo fondo è coperto di melmetta rossa, non contiene quasi nessun vivente, nè sembra avere correnti notabili, che rinnovino la parte bassa dell'acqua.

Nell'Oceano la temperatura ha un andamento diverso. Essa varia secondo i luoghi e le correnti. Nelle latitudini di Inghilterra, Scozia e Norvegia varia da 9° a — 1°,5, anzi in varii punti discende a — 2° e fino a — 3°. Ciò può accadere senza gelo dell'acqua, perche l'acqua salsa gela solo a — 3° $^1/_2$. In questi mari solcati da correnti si passa da una temperatura all'altra diversa di varii gradi in spazii stretti di 30 a 40 miglia. Nel mezzo dell'Atlantico e nei grandi mari comunicanti cogli oceani polari scorgi quasi dappertutto una temperatura di + 2° o + 1° $^1/_2$ e in qualche punto anche — 1° e — 2°. Vi sono però alcuni bacini aventi temperature superiori, ma quelli sono fondi circoscritti simili a quelli del nostro Mediterraneo, benchè dappertutto circondati dall'acqua.

La vita non manca in questo fondo freddissimo, ed è popolato dalla solita fauna polare di stelle di mare, ricci di mare, spugne e encriniti. Questa fauna ha sorpreso i geologi che ivi credevano impossibile la vita: vi si sono riconosciute delle faune già credute estinte nei fondi antichi geologici.

Vediamo adesso come possa esistere nel mare tanta diversità di temperatura e le sue conseguenze.

Un metro cubo di acqua diminuisce di peso col riscaldarsi e per 100° di temperatura scema $^1/_{23}$ ossia di 43 chilogrammi, e per 10° di circa 4,3 chilogrammi. Un metro cubo d'acqua riscaldato di 10° più dell'ambiente acquista dunque una forza ascensionale ben considerabile, e computando milioni di milioni di tali metri cubi, troviamo senza gran fatica una potenza motrice vistosissima capace di metter in moto tali masse. Ben è vero che la luce e il calor solare sembrano, dietro gli esperimenti fatti, non penetrare che a piccola profondità, che si stima di 50 a 60 metri; ma ciò deve intendersi della luce e del calor sensibile ai nostri grossolani strumenti, il termometro della natura è

ben più sensibile; il fatto solo che negli oceani equatoriali vivono a considerabili profondità animali che non sussistono nei mari fuori di quella zona, è prova indiretta che la luce e la temperatura arriva a molto maggiore profondità. Così nel golfo di Napoli si trovano molti animali equatoriali, senza dubbio pel calore del vicino Vesuvio. Ora quali saranno le conseguenze di tale diversità di temperatura? Eccole.

Imaginate per un momento, dice Maury, un vaso diviso in due da un tramezzo verticale, e che una delle divisioni sia piena di olio, l'altra di acqua. Al levare del tramezzo, l'acqua si sposterà e correrà sotto l'olio, e l'olio si espanderà e correrà sopra l'acqua. Le correnti così formate cesserebbero ben presto, ma se imaginate che l'acqua accorsa nella parte inferiore del recipiente dove era olio diventi essa pure olio, e l'olio passato nella parte superiore del recipiente dell'acqua diventi nuovamente acqua, e così continuamente, allora avremo una circolazione indefinita. Questa imaginazione non è fantastica che nei termini; l'essenziale sta non nella natura delle sostanze, ma nel loro peso specifico, e l'acqua marina fredda è paragonabile in ciò all'acqua, e la calda all'olio.

Queste correnti sono numerosissime nel mare, e i suoi varii bacini ne sono tutti messi in circolazione. La tavola V ve ne dà un cenno. Esse vennero scoperte dai naviganti a poco alla volta, confrontando la velocità de' loro bastimenti stimata dietro il corso misurato direttamente col *loch,* e quello poi che si trovava dal computo astronomico. In molti siti le correnti sono così violenti, che sono visibili a occhio come i fiumi in terra ove si scorge il corso del filone centrale rapporto alle sponde, e nelle quali per far forza di vele il legno non avanza che poco. In altri luoghi la fosforescenza dell'acqua e il suo colore sono indizi della presenza di una corrente in altre la temperatura stessa serve a indicare la corrente. Altre furono scoperte considerando la differenza di tempo impiegata nello stesso tratto di mare nel viaggio di andata e ritorno, anche prescindendo dalle burrasche. Tra queste correnti la più famosa è la gran corrente detta del Golfo (Gulf stream) che dal Golfo del Messico viene alle isole britanniche; fu essa scoperta da ciò che le navi arrivavano dall'America all'Europa in 10 giorni di meno che non dall'Europa in America. Franklin interrogando varii dei capitani suoi nazionali (che sembra fossero i primi ad accorgersene), fu quello che ragionandovi sopra formulasse una teoria rudimentare di questo gran fiume oceanico.

Nella carta che qui vedete (Tav. V) sono tracciate le principali correnti che finora ha scoperto l'attività de' naviganti. Esaminiamo uno

de' principali bacini e intendiamone bene le fasi, e il resto sarà facile a comprendersi. Prendiamo il gran Canale Atlantico là dove la prominenza africana guarda l'insenatura del Messico. In questa regione agiscono due cause potenti: la prima è l'alta radiazione solare, l'altra il corso degli alisei. Questi soffiando con incessante direzione di N. E. strascinano l'acqua superficiale dell'Oceano verso ponente e tendono ad aumentarla meccanicamente nel suddetto golfo : questa è conosciuta come la corrente equatoriale. Che il vento abbia tal forza non deve sorprendere. I nostri laghi dell'Alta Italia, e il Golfo Adriatico in Venezia, fanno talora grandi inondazioni per l'acqua che è accomulata dal vento in quei fondi di sacco. Se nessun ostacolo si presentasse alla corrente così formata sotto l'equatore, essa circuirebbe il globo, ma incontrando la barriera del continente americano, ivi è riflessa e ritorta, ed esce condensata con velocità di quasi tre miglia all'ora nelle stretture della Florida alle isole Bahama. Qui la corrente è quasi visibile ad occhio per la velocità, pel colore di un intenso azzurro, e per la elevata temperatura di 27° c. Uscita da questo stretto dopo aver costeggiato un poco l'America si getta attraverso l'Oceano dirigendosi alle coste occidentali di Europa. La cagione di questa deviazione laterale è la stessa di quella che già notammo pei venti alisei. L'acqua che parte da paralleli equatoriali ha velocità maggiore di quelli laterali a cui arriva e corre più che i sottoposti punti dei paralleli terrestri, la nuova acqua scorre su di essa e si getta verso levante, con moto obliquo per la direzione primitiva dell'impulso ricevuto. Attraversato che essa abbia in tal modo il bacino atlantico e accostatasi al continente europeo all'altezza della Biscaglia, essa si divide in due rami. Uno ritorna indietro costeggiando la Spagna e la punta dell'Africa per andare a raggiungere il ramo equatoriale ed alimentare la corrente sotto gli Alisei. L'altro ramo investendo le isole britanniche costeggia l'Europa occidentale e settentrionale e si getta nel mare glaciale, dove ne rintracceremo presto il ritorno.

Intanto il primo ramo viene a formare un circuito chiuso, nel cui mezzo esiste quel fenomeno singolare che è l'immenso banco di alghe galleggianti detto di *Sargasso* o *fucus natans* che copre il mare come una prateria per una estensione di 6 ovvero 7 volte l'Europa. In quell'ampio specchio il moto è piccolissimo, ed ivi risiede il centro di un immenso vortice che non ha moto se non lentissimo di rotazione, onde può nutrire quella immensa vegetazione quasi stazionaria. Fu questo banco che incontrato da Colombo spaventò i compagni che temettero terre insidiose; ma furono ben presto assicurati dallo scandaglio, chè

ivi non trovava fondo. La paura però non era immaginaria, e realmente anche ora i naviganti non lo attraversano volentieri, poichè oltre la resistenza delle piante, i timoni delle navi e le ruote de' vapori si trovano legate dai fili di quelle erbe, che in alcune specie hanno la lunghezza dicesi di centinaia di metri.

Voi vedete pertanto da ciò come Colombo fosse portato dall'Europa in America per la forza della natura delle cose. Entrato nell'Atlantico alla altezza delle Canarie si mise a dirittura *a ponente per cercare l'Oriente,* entrato nella zona degli alisei, non tanto alto però da sfuggire il mar di Sargasso, fu portato a San Domingo dal vento e dalla corrente ove esso fondò Hispaniola. Egli credette aver scoperto le Indie orientali. Non fu che nel 3° o 4° viaggio di scoperta che trovò il continente, ma non lo riconobbe per tale, e solo lo sospettò dalle grandi masse d'acqua dolce che trovò sboccare in mare. Un poco più oltre che fosse andato e avrebbe trovato il Messico, la tanto desiderata Ofir o terra dell'oro, ma ciò a lui non era destinato! Questi venti e queste correnti sono quelle che in tutte le epoche han trasportato colà navi perdute e gli avanzi di civiltà messicana del Palenqué ritraggono tanto l'africana dell'Egitto da far credere che quelle antiche e perdute razze poterono colà approdare e salvarsi per lo stesso mezzo. Anche al presente gli indiani dell'Oceano Pacifico popolano le isole deserte lasciandosi trasportare dalle correnti e dai venti. Il Capitano Beechey trovò nel secondo suo viaggio popolate certe isole che nel primo avea vedute deserte, e gli Indiani gli narrarono come essi erano colà pervenuti, portativi dai venti e dalle correnti. Queste imbarcazioni viaggiano come viaggiano oggi le bottiglie che chiuse e lanciate in mare dai navigatori, talune approdano al Messico, altre girando la immensa corrente nel suo ramo centrale, vengono alle isole di Madera e Capoverde, altre pel suo ramo boreale vanno a gettarsi sulle coste d'Irlanda o su quelle del mar glaciale. Furono gli avanzi di legni e di foglie esotiche così carreggiate che confortarono tanto Colombo alla sua impresa, stimando che questi avanzi non potessero venire che da un continente lontano sì, ma non lontanissimo. *El mundo es poco* diceva quell'eroe, quindi sperava di circuirlo.

Questo ci porta a considerare il corso della corrente del golfo in quel secondo ramo non meno importante. Divisasi adunque la corrente in due, come abbiamo veduto, il secondo ramo investe le isole britanniche, producendo colle sue acque calde ed umide il mite clima d'Irlanda, ove la temperatura invernale di poco si scosta da quella di Roma, benchè l'estiva ne sia immensamente diversa. Indi essa si spinge nel

mare del Nord dove si suddivide all'incontro dell'Islanda, e mentre il ramo secondario va verso la Groenlandia, il principale gettandosi nel mar glaciale va a rendere ancor tollerabile il clima dello Spitzberg. In questo immenso corso la corrente si tiene sempre alla destra, così volendo la legge meccanica della rotazione terrestre, come vedemmo per gli alisei. Ma intanto essa, affrontando ghiacci e climi rigidissimi, perde la sua temperatura, e giratasi nell'immenso vortice polare sotto de' ghiacci ritorna come gelata fiumana, con 4 o 5 gradi appena di temperatura, pel lato sinistro della Groenlandia e risorte per la baia di Baffin, dove pure il suo ramo secondario si è aggirato, per venire a raggiungere le coste dell'America settentrionale del Labrador e degli Stati Uniti, carica di ghiacci e raffreddata immensamente. In questo suo ritorno al contatto delle acque calde, i suoi ghiacci si fondono, e le sabbie e le pietre, di cui son cariche quelle montagne galleggianti, si depongono per formare il banco di Terranova e nelle altre regioni spianando tutto il fondo dell'Atlantico in una liscia pianura che forma il letto del canapo transatlantico, come si può vedere nella carta degli scandagli publicata dal Maury. La corrente fredda si intralcia talora colla calda in un modo curiosissimo, perchè pel suo peso specifico scendendo in basso, passa come fiume sottomarino al di sotto della corrente calda, finchè dopo infinite ramificazioni va naturalmente a perdersi nella gran massa a cui si viene man mano mescolando.

Tale è il giro che fa questa prodigiosa corrente, vero fiume che corre distintissimo tra sponde liquide tanto definite, che talora, come dice Maury, la metà del bastimento sta nell'onda calda, azzurra e fosforescente della corrente diretta, e metà nella fredda, verde e tenebrosa di quella di ritorno.

Ma questo giro, se fu finora il più conosciuto, non è il solo. Il continente vecchio e nuovo separano il mare in due immensi bacini principali che stendonsi da polo a polo: l'uno l'Atlantico, l'altro il Pacifico-indiano, e ciascuno de' due si può considerare diviso in altri due dalla zona equatoriale, talchè abbiamo naturalmente in grande quattro enormi bacini, ciascuno de' quali ha una circolazione analoga a quella testè descritta. L'Atlantico australe ha la sua corrente equatoriale che dal seno africano di Guinea si dirige al Capo S. Rocco del Brasile; ivi si ripiega indietro, dividendosi in due rami, uno de' quali ritornando al vecchio continente, si dirige verso il Capo di Buona Speranza, mentre coll'altro, radendo la costa americana del Sud e associandosi alla corrente dolce del Rio della Plata, va al Capo Horn per andare a circolare essa pure nell'Oceano polare antartico.

Nel mar Pacifico abbiamo una circolazione analoga all'Atlantico, e dalle coste messicane occidentali solcando l'Oceano, va a sbattere la corrente equatoriale sul continente asiatico all'isola Formosa, e quivi, stretta radendo le coste cinesi, investe il Giappone, che per ciò si trova in circostanze climateriche analoghe alle nostre isole britanniche. Questa corrente che è detta nera per l'oscuro colore delle sue acque, si ripiega quindi di nuovo per raggiungere l'America alle coste della California. Questa pure si divide in due, e con un ramo si rivolge all'Equatore e coll'altro va verso il polo radendo le coste della Columbia inglese del Nord e le isole Alaska. Essa raggiunge così il mare e lo stretto di Behring per discendere poi radendo la Kamschatka.

Nel mare Pacifico del Sud, le correnti percorrono in modo analogo il loro bacino, se non che qui la cosa è più complicata, perchè ivi trovasi intercetto il corso dal continente australiano, e dalle protrazioni del continente indiano. Lasciando le infinite convoluzioni di questa rete intricatissima, noi rileviamo soprattutto come nel gran bacino indiano le acqne si trovano spinte dai venti alisei contro le coste africane, e ristrette tra l'Africa ed il Madagascar, corrono come rapido fiume nel canale di Mozambique sempre costeggiando l'Africa, finchè giunte all'altezza del Capo di Buona Speranza, si affronta la corrente che viene dal mare del Sud-Est con quella che viene dall'altra parte dell'Atlantico, ivi in quel Capo si affrontano e si collidono e fanno quel mare spaventoso che fe' dargli il nome di Capo delle tempeste. Ivi la corrente indiana respinta torna a circolare nel suo mare dividendosi e suddividendosi all'uso delle altre.

Sarei infinito se tutti volessi accennarvi i riflussi, i rigurgiti e le reazioni che provocano questi fiumi immensi, che in larghezza misurano talora molte centinaia di kilometri. Una sola qui ne menzionerò, perchè richiama quella famosa zona di calme equatoriali di cui vi dissi parlando della circolazione atmosferica. È questa la controcorrente equatoriale che si dirige precisamente in senso opposto alle due degli emisferi N e S testè accennate e che corre in senso opposto ad essa a minima distanza relativa dalle loro sponde. Così voi più volte avrete veduto nel nostro fiume che mentre il filone della corrente convoglia innanzi sul suo curvo dorso legnami, paglie e materia d'ogni specie, portandole alla sua foce, ai fianchi invece sembra gettare indietro ed a monte quello che esce da quel filone e spesso è lanciato in senso opposto sulle sue rive. Così accade in queste correnti che sono direi quasi reazioni di ritorno. Questi rigurgiti sono una conseguenza necessaria e comune nel moto de' liquidi, grandi o piccole che siano le loro moli.

Così pure nell'emisfero australe si formano le correnti di acqua di ritorno, che cariche di ghiacci scendono fino a delle latitudini assai basse, ove al loro squagliarsi formano banchi simili a quello sì famoso di Terranova, tra' quali uno de' più celebri è quello delle Aguglie, presso al Capo di Buona Speranza.

Tale è la circolazione delle acque nell'Oceano, e tale è la specie di vitalità che in esso si intrattiene per la forza specialmente del calor solare; circolazione che costituisce un lavoro immenso, talchè non a torto si crede che gli immensi canali e golfi in cui questo giro si compie, siano in gran parte dovuti all'erosione di queste stesse correnti. Così il Golfo del Messico può benissimo riguardarsi come formato dall'erosione prolungata di queste correnti continuate, e qualor men solida fosse la barriera dell'Istmo di Darien ovvero di Panama, ivi potrebbe farsi una breccia e continuare la sua via nel Pacifico.

E qui non si può a meno di fare una riflessione che ha, per lo studio climatologico, una immensa portata. Supponete che progredendo l'erosione di questi continenti, l'Istmo messicano venisse a troncarsi, quali ne sarebbero per noi le conseguenze? Esse sarebbero fatali. La immensa corrente del golfo non si ripiegherebbe più che in minima parte verso il nostro continente, seguirebbe a sfogarsi nell'Oceano Pacifico. Allora l'Inghilterra, l'Irlanda e le coste del mare del Nord sarebbero prive di quel bagno caldo che rende comparativamente sì dolce il loro clima. Tutta la bella Albione e la verde Erine cadrebbero nel gelato clima della Siberia come richiede la loro latitudine. Abbiamo adunque un palpabile esempio di quanto un fenomeno geologico possa influire sulla sede dell'uomo. Forse questo caso non è il solo che sia avvenuto. Il Sahara un dì fu mare, ora è arido deserto; se allora evaporava e rinfrescava, ora ci brucia e ci disecca. Chi sa che la sua influenza non sia quella che cambiò il clima d'Europa, da rigido e glaciale come fu una volta, nel mite e soave che ora ci godiamo? Forse il clima *glaciale* che regnò nella Scozia, e simili regioni nordiche, precedette di poco il sollevamento dell'istmo americano.

È pertanto evidente come le condizioni della vita umana in un punto del globo dipendano non solo dagli elementi astronomici, quale è la latitudine geografica, l'altitudine e la radiazione solare, ma anche da molti altri elementi lontani, dipendenti dalla configurazione superficiale del globo, e dal giro che per cagione di essa prendono le correnti atmosferiche e marine. Ne abbiamo un esempio notabile ai due lati dell'Atlantico. Se prendiamo in Europa una stazione posta alle medie latitudini: Oporto, Lisbona o Palermo, noi vi troviamo un clima mite,

dove l'inverno non gela che rare volte, e la neve cade appena e non si ferma sul suolo che per pochi istanti, ed ove gli agrumi e la vite prosperano coll'olivo. In America, invece, alla stessa latitudine, come p. es. Washington e Filadelfia, il clima è rigido, la neve cade in copia grande e gelano gli stessi fiumi reali. La vite e gli agrumi e l'olivo non possono in nessun modo vivere e reggere a queste gelate, mentre la state non vi è meno ardente e calda di Palermo stesso. Tanta diversità dipende principalmente dal giro delle correnti, che nell'Europa è quella calda del golfo, che viene dall'Equatore e porta tepida aria vaporosa ed umida, mentre in America è quella che discende dal polo, secca e fredda. Per vedere tali differenze si sono fatte le carte delle così dette linee *isotermiche*, le quali col loro andamento uniscono tutti i punti in cui la temperatura media dell'anno è la stessa (Veggasi la Tav. VI). Queste linee, come si vede, sono ben lungi dall'andare parallelamente all'equatore come i paralleli geografici, ma s'inalzano enormemente sulle coste europee là dove sale e corre la corrente del golfo, come è facile rilevare dal confronto di questa tavola, colla tavola precedente; e le curve di certi mesi sono anche più accentuate che le medie annuali, talchè dobbiamo assolutamente distinguere il clima geometrico ed astronomico dal clima fisico.

La scienza di questo clima costituisce la meteorologia.

Le condizioni di un clima dipendono dai seguenti elementi: 1° La pressione dell'aria, che varia fondamentalmente coll'altezza della stazione, ma che essendo in rapporto colla temperatura a cagione della maggiore o minore radiazione esterna che permette la densità dello strato atmosferico e dell'umidità per la tensione del vapore d'acqua, e colla pressione determinata dai venti, varia continuamente collo stato dell'atmosfera, e fornisce un prezioso indizio per il corso delle burrasche.

2° Dal calore che determina il limite de' vegetali che possono crescere in un clima e degli animali che possono viverci.

3° Dall'umidità che regola la frequenza e quantità delle pioggie, e concorrentemente al calore limita il mondo vegetale e la salubrità per la vita umana.

4° Dalla direzione de' venti dominanti.

5° Dalla lor forza secondo che provengono da terre calde o fredde, umide o secche imminenti a una determinata stazione.

6° Dalla purezza del cielo e quantità delle nubi. Tutti questi elementi sono esplorati dal meteorologista con appositi strumenti collocati in opportune condizioni. Il barometro dà la pressione che colle sue va-

riazioni serve a prevedere i cambiamenti del tempo. Ma questo elemento non basta, bisogna che anche vi siano convenienti variazioni di termometro e di igrometro od umidità, e queste sono generalmente determinate dalle correnti d'aria, e può dirsi realmente che il vento è in fondo il fattore principale del clima. Talchè *lo stato del cielo* in un punto solo del globo è *funzione* di tutti questi elementi simultaneamente considerati *in tutto l'universo globo*. Dico in tutto il globo non per metafora, ma realmente. Lo studio della meteorologia era anticamente uno studio di stazioni isolate, senza legame reciproco, e considerato isolatamente lasciava le vicende atmosferiche sepolte in un mistero sconfortante senza nessun risultato fisico. Il Maury, coll'intraprendere lo studio della meteorologia in relazione coi varî paesi e sui varî mari, ci diede la chiave per conoscere la grande relazione che esisteva tra lo stato atmosferico in un punto del globo e quello di tutti gli altri. Quindi si venne nella speranza di poter prevedere lo stato del cielo nella intenzione sommamente umanitaria di preavvisare le burrasche. Per riuscire a questo era necessario conoscere il giro delle correnti aeree, e perciò di conoscere lo stato simultaneo dell'atmosfera lontana. Il Fitzroy ebbe il coraggio d'intraprendere questo studio benchè mancasse di un tale preparativo, ma egli ben si apponeva dicendo che i dati si sarebbero raccolti nel frattempo, ed avrebbero fruttato questa stessa necessaria conoscenza. Come era da aspettarsi molti furono da principio i successi, ma molte anche furono le illusioni, ma non tante da far disperare dell'esito. Entrata in questa lega la Francia e poscia l'Europa intiera ed ora l'America, si è potuto esser più positivi nell'adempimento del proposto servizio pratico, perchè si sono scoperte più a fondo le vie che tengono le burrasche e le correnti.

Fino dal 1820 Reid e Piddington aveano conosciuto che le grandi burrasche oceaniche erano meri vortici, i quali si rivolgevano e si trasportavano fra i tropici in un corso definito. Queste, p. es. nell'Atlantico, si formavano nei paraggi del golfo del Messico, e partendo dalla zona intropicale fra i 20° di latitudine, salivano verso Ovest al tropico, e quivi giunte, rovesciavano il corso verso levante e percorrendo nelle regioni atlantiche quasi lo stesso giro della corrente del golfo, venivano ad investire le coste britanniche. Ma tal cognizione preziosa in sè era sterile pel servizio della navigazione, non potendosi averne notizia in Europa a tempo opportuno. Ma in questo frattempo vennero i due lidi riuniti col telegrafo elettrico, e tosto si nutrì speranza che le bufère, le quali infierivano nel golfo del Messico ed alle coste degli Stati Uniti, si sarebbero potute segnalare all'Europa, nel caso che si conservassero

durante la traversata, e così è stato veramente, ed in questi ultimi anni ciò si è verificato moltissime volte.

Sfortunatamente lo spazio è sì ampio che nella traversata molto si modificano e spesso si dileguano, onde non è facile profittare degli avvisi e molte se ne formano per via, che non possono essere segnalate.

Ma senza andare a questi estremi semi-ideali, vi sono infinite burrasche, le quali non vengono dall'America e possono segnalarsi col telegrafo a lontane stazioni nell'Europa. Infatti si è rilevato che esse compaiono da principio sui mari del Nord e si propagano successivamente da NO a SE. Noi stessi, fin dai primi tentativi su questo studio nel 1863, ci assicurammo che quelle le quali apparivano sulla Scozia e progredivano sulla Manica e le Alpi, venivano ad attraversar l'Italia; sicchè conosciuta tal legge, abbiamo potuto rilevare più volte la presenza loro in tempo per evitarne i danni nei nostri porti.

Se non che è mestieri conoscere il modo con cui può rilevarsi la loro presenza e stabilirne i sintomi da riconoscerle ancora lontane.

È un fatto notorio, che ogni burrasca è caratterizzata per una notabile depressione barometrica. Se sull'Europa, p. es., si congiungono con una linea tutti i punti che hanno la stessa altezza barometrica, si vedrà che queste linee non sono disposte a casaccio, ma che hanno delle direzioni sistematiche. Ordinariamente costituiscono grandi ovali che hanno un centro di depressione ben definito. Questo è d'ordinario il centro della burrasca, il centro del *ciclone*. Queste vaste ovali sono circondate da zone in cui la pressione è crescente, e varie creste separano una delle ovali dall'altra. L'andamento di questi, direi quasi scalini o dislivelli, si nomina *Gradiente,* parola che in inglese si usa per indicare la pendenza di un terreno o di una strada; e qui è conveniente per esprimere il graduato processo del crescere o calare della pressione col procedere dello spazio. I culmini che separano le diverse depressioni costituiscono ciò che dicesi l'*anticiclone*. Stabilite queste nomenclature convenzionali, si è trovato 1° Che il centro di depressione non è stazionario, ma cammina generalmente in Europa da NO su linee definite a SE. 2° Che il vento soffia generalmente tangente alla curva *isobarica,* cioè di egual pressione. 3° Che questi centri di depressione sono anche i centri di principali precipitazioni atmosferiche, pioggia, neve, ecc., le quali vengono perciò a traversare l'Europa e successivamente infestano le regioni diverse, e costituiscono ciò che forma il cattivo tempo. Ora è chiaro che per conoscere queste curve è mestieri avere le osservazioni simultanee di una grande estensione di paese e questo è impossibile poter raccogliere senza l'uso del tele-

grafo. Perciò adesso nelle grandi nazioni come l'Inghilterra, la Francia, la Russia, l'America, si sono stabilite delle corrispondenze telegrafiche che trasmettono ogni mattina dalle ore 7 alle ore 8 lo stato dell'atmosfera in un certo numero di stazioni scelte, sulle indicazioni delle quali si tracciano le curve isobariche e quelle del vento, che rapidamente disegnate dànno un'idea del luogo ove ogni mattina sta il centro di depressione e perciò dal confronto del giorno precedente può prevedersi per qual verso procede la corrente e quindi la burrasca se essa è formata.

Certamente non sempre può subito definirsi il suo andamento, ma intanto si accumulano fatti da cui si viene rilevando a poco a poco le leggi dominanti in questo labirinto di movimento e se finora dobbiamo limitarci ad annunziare le *probabilità,* non andrà molto che potremo annunziare le *previsioni.* Agli Osservatorii di Parigi, di New York e a Londra si pubblicano ogni dì le serie di queste linee e costruzioni grafiche che si succedono sull'Europa nello svolgimento di una burrasca.

Certamente questo lavoro porta gran fatica e spesa non piccola, ma se si riflette al vantaggio che se ne trae ed al più che se ne spera, essa è ben impiegata. Nulla in natura è a caso, Dio ha fatto tutto *in numero, peso e misura,* e le burrasche sono anch'esse soggette a tal legge, solo sono assai complicate e ci vorrà un poco di pazienza a sceverarle. Già i marinari approfittano di questi dati scoperti per regolarsi negli uragani in alto mare, per determinarsi alle partenze e nelle mosse delle loro navi; gli agricoltori ne traggono profitto per l'intrapresa de' loro lavori. Solo è da ponderare che si richiede per ciò assiduità, studio, pazienza, unione, ed il non iscoraggirsi per qualche mancanza che accada, non essendo noi in questo studio che sul limitare. Ciò non dovrà sorprendere, perchè non basta, p. es., che vi sia la depressione per fare la burrasca, bisogna che vi sia l' aria fornita di sufficiente vapore, perchè calata la pressione essa venga a soprasaturazione, e ciò non può accadere se non avviene ancora un abbassamento di temperatura. Quindi è inutile sperare una pioggia, p. es., se un vento australe non porta l'acqua per caricar l'aria di vapore e se un successivo boreale non ne condensa la parte vaporosa in acqua. La depressione col suo viaggiare provoca nelle nostre regioni queste fasi. Una depressione affacciatasi al NO di Europa richiama l'aria dalla regione opposta, e questa accorre dalle regioni meridiane e calde e produce i venti Sud-Est, che trasformansi all'approccio della depressione stessa in Sud e così caricasi l'aria di umidità; progredendo il ciclone, sottentrano i venti freschi di Nord, che condensando questo va-

pore, lo riducono in acqua, e perciò vediamo allo scirocco succedersi le fiere tramontane, e l'imbruttimento dell'orizzonte a NO. essere il foriero delle burrasche che svolgonsi coi venti di Sud, sempre piovosi nell'inverno, e questi finire colle tramontane. Secondo poi le stagioni più o meno copiosa essendo l'umidità; più o meno, secondo il calore, essendo la capacità di saturazione dell'aria, sarà la pioggia più o meno abbondante.

Il problema delle previsioni del tempo vedesi pertanto quanto sia vasto e complicato e che ben rari sono i casi in cui da una semplice intuizione potrà congetturarsi, salvo in alcune località determinate, ove i sintomi sono abbastanza definiti, ma che non possono da un luogo applicarsi ad un altro senza molta discrezione ed attenzione, ma ciò stesso dà sicurezza che il problema è scientifico e che quello che manca finora è solo una cognizione ben sicura di queste leggi che coll'attenzione e collo studio non potrà a meno di non arrivarsi a conquistare.

LEZIONE V.

Circolazione dell'acqua nell'interno della terra.

Non è a credere che, solo alla superficie del globo, l'acqua eserciti la sua possanza. Essa penetra nelle sue viscere, s'interna a immensa profondità, e ivi giunta, al contatto di un'altra sorgente di forza, ne produce effetti anche più strepitosi di quelli che ci mostra alla superficie.

Due sono le maniere principali colle quali l'acqua si fa la strada all'interno del globo. Una è, per le discontinuità meccaniche della sua crosta, spintavi dalla forza di gravità, l'altra per l'attrazione molecu-lare nei meati invisibili della porosità generale de' corpi.

L'origine delle fontane fu uno de' più difficili problemi per gli antichi, i quali immaginarono non poche soluzioni assai curiose, ma la più semplice di tutte non fu da essi indovinata, cioè che erano dovute alle acque piovane. Le ricerche del Vallisneri nel Modenese furono quelle che gettarono molta luce su questa materia. Consideriamo

infatti che, secondo i varii paesi, la quantità d'acqua che cade dal cielo è grandissima. Nelle regioni equatoriali essa è di oltre 4^m e 5^m : da noi varia da 1^m a 0,80, nel settentrione è minore, ma generalmente supera $^1/_2$ metro. Ora di questa, una parte svapora, un'altra parte scorre libera sul suolo e pei fiumi ritorna al mare, e i fiumi sono i veri udometri della natura; una terza parte finalmente perdesi nel terreno, e questa è considerabilissima, specialmente colà ove i monti sono fessi e spaccati. Ora, questa non può indefinitamente accumularsi nel suo interno, onde bisogna che ne esca da qualche parte.

È un fatto che le fontane non si hanno alle cime dei monti; ma alle basi o al più a certa depressione sotto le cime. Si sono vantate sì delle fontane in alcune cime, come al Gran Sasso d'Italia, e a Cacume nella campagna di Roma; ma, in realtà, queste non sono alle vere cime, ma sempre al disotto di esse, alla base sempre di qualche cono che ne corona la vera sommità. D'altronde una ben semplice riflessione prova che la loro origine, anche a quelle altezze, non è misteriosa, ma molto semplice. Cacume, p. es., ha il cono della base di 6 in 7 chilometri quadrati di area, e tutto di struttura calcarea fessa e facilmente permeabile all'acqua, talchè si può ammettere che possa permettere l'infiltrazione di oltre ad una metà almeno delle acque piovane. La quantità della pioggia nei nostri climi è circa un metro, onde presane la metà, avremo l'area di 6 in 7 milioni di metri quadrati, che coperta di $^1/_2$ metro d'acqua, somma da 3 a 4.000.000 di metri cubi d'acqua. Questa massa arrestata nelle fessure e nelle cavità, trovi un un esito per qualche foro, ed è chiaro che essa può alimentare una discreta fontana durante tutto l'anno, nè occorre che all'interno siano grandi cavità per immagazzinare tant'acqua, perchè questa è smaltita a poco alla volta nell'intervallo tra una pioggia e l'altra, e basta che ne tenga tanta che continui durante i mesi di mancanza di pioggie. Però queste fontane prossime alle cime de' monti tutte sono variabili e facilmente spariscono nelle lunghe siccità, e se pur continuano, la loro costanza non è che apparente; la misura precisa delle acque loro nelle varie stagioni lo prova dappertutto, benchè pel volgo si creda costante, perchè per esso è *costante* quella fonte che non si secca, ma in realtà sono ben irregolari le quantità fluenti, e vanno secondo le stagioni.

Non è così di quelle che sorgono alle basi de' monti, ove il corpo della montagna conserva grandi volumi d'acqua nelle fessure e nelle cavità della roccia, benchè anche queste nelle lunghissime siccità si impoveriscano. Alcune sorgenti sono famose perchè non hanno direttamente montagna immediata in cui possano avere recipiente, come la

celebre Aretusa nell'isola Ortigia di Sirama, che è circondata tutta dal mare; ma è facile vedere che questa trae la sua sorgente dall'interno dell'isola grande vicina per mezzo di canali sifonici naturali; tale si è pure quella che nasce in mare libero nel golfo della Spezia ed è più sorprendente, perchè costituisce un getto d'acqua dolce circondato tutto d'acqua marina. Questi tubi e canali sotterranei sono copiosissimi e dànno la spiegazione di questi strani fenomeni.

Infatti, le masse che compongono la crosta terrestre sono ben lungi dal formare un solido continuo e compatto: immense fessure separano i letti delle materie di cui è composto, o, come si dicono comunemente, gli *strati*, e questi stessi spezzati e volti in mille guise lasciano filtrare le acque alle regioni successivamente più basse. La pressione esercitata è enorme. Le colonne prementi sarebbero di migliaia di atmosfere, onde dappertutto s'infiltra e s'introduce. Ma, in questo tragetto, l'acqua non perde il suo mal vezzo di lavorare, di rodere e portar via ciò che incontra, quindi una fessura impercettibile da prima diventa una fenditura, un tubo, una voragine, un canale sotterraneo, una immensa grotta talora che scarica torrenti di acque, e che forma tunnel e vie sotterranee permeabili ai viaggiatori per miglia e miglia. Tale è la famosa grotta del Mammouth nel Kentuky, in America, ove si viaggia per più di dieci chilometri; tali sono molto minori in Italia, in Sardegna, in Francia, dappertutto, descritte da Bukland, Stoppani ed altri.

È da questi crepacci e da queste grotte che sbucano le acque raccolte, e formano le fontane; fontane talora colossali e navigabili alla loro uscita, come il Clitunno nell'Umbria, la Valchiusa in Provenza, ecc. Laghi interni si trovano in questi abissi, e fiumi con pesci viventi che, per lungo abitare nelle tenebre da generazioni innumerevoli, hanno perduto del tutto il senso della vista, e appena vi si trova traccia dell'organo primitivo.

Queste grotte sono per lo più ornate delle più vaghe tappezzerie che mai sapesse inventare la fantasia di un decoratore. Pendagli e festoni, colonne ed arcate, tutte guarnite di cascate superbe fatte di limpidi cristalli, vestono le forme più bizzarre di animali, di alberi, di giganti, che poi la fantasia dell'osservatore sa abilmente completare. Sono famose quelle di Antiparos, quella di Collepardo presso Alatri, e mille altre. L'acqua carica di carbonato calcare, filtrando dalle vôlte, lascia un piccolo cerchietto solido di carbonato di calce, che porta sciolto, questo è poscia ben presto accresciuto d'un altro inviluppo che l'allunga e ingrossa un altro poco, e così via via, fino a formare un grosso

cono rovescio. Sul pavimento, le gocce cadute dall'alto finiscono di lasciare il resto del carbonato che tengono sciolto e formano un monticello, che s'alza mano mano e forma un altro cono diritto: se i due coni arrivano a congiungersi si forma una colonna, che va crescendo in diametro non potendo crescere in altezza. Le piramidi o coni talora sono d'altezze prodigiose e arrivano a 20 e 30 e più metri, come vedesi nella grotta di Collepardo.

Le molecole di questi depositi essendo libere nell'acqua si depositano a modo di crosta all'esterno, ma dentro si trovano tutte cristallizzate, e segate formano alabastri più o meno belli secondo la purezza delle acque.

Le masse sotterranee d'acqua riescono talora utili all'uomo quando può raggiungerle e può artificialmente farle ritornare sopra terra, formando fontane artificiali, dette comunemente pozzi artesiani o modanesi, perchè in Artois di Francia, e a Modena in Emilia, se ne hanno i più famosi esempi. Il meccanismo naturale di questi pozzi è questo. Fra gli strati che compongono il globo terrestre alcuni sono permeabili meccanicamente all'acqua, come dissi; ma altri non lo sono che in minima quantità. Tali sono i letti d'argilla, certe marne e strati gessosi-argillosi. Ora, se avviene che il fondo di una cuna naturale sia coperto di uno strato di tale materia, l'acqua ivi si arresterà e non filtrerà più sotto. Se, per giunta, si dia il caso che due di questi strati, separati da una massa permeabile, vengano ad esser alimentati da acque cadute da alti monti, l'acqua compresa fra questi due strati si troverà come chiusa in una conduttura a sifone, e quando si faccia un foro nella crosta superiore, l'acqua zampillerà fino a raggiungere e superare anche, se occorre, il livello del suolo.

Tale è positivamente il caso de' pozzi modanesi. Le acque delle vicine montagne, dette Alpi di S. Pellegrino, pei crepacci delle rocce s'infiltrano e si perdono quasi del tutto, e scarsi ivi sono i letti visibili degli scoli. L'acqua internatasi sotto terra scorre tra due strati o croste di solida argilla detta comunemente creta, e forando un pozzo, sotto pochi metri s'incontra il crostone superiore, forato il quale colla trivella, ne zampilla abbondante copia d'acqua perenne. Queste nappe d'acqua formano la ricchezza di molti siti abbondanti di popolazione, e sono la sola risorsa in alcuni luoghi de' più deserti. L'Africa se ha le sue oasi, le deve a queste acque, che sotto le sabbie del deserto si infiltrano tra letti di tartaro gessoso, formatosi nell'antico mare, ora sostituito dal Sahara, e tra questi scorrendo nascoste e a riparo della evaporazione e dai raggi del Sole, ove sia forato il suolo a profondità

ora maggiore ora minore, ivi zampillano fino alla superficie. Vi sono ancora numerosi avanzi di pozzi tali cavati dagli antichi Egiziani, il restauro de' quali, coll'aggiunta de' nuovi fatto da' Francesi recentemente, ha ridato la vita a molte parti del deserto. Così la Provvidenza ha reso abitabile una porzione di quell'immenso continente, che altrimenti nol sarebbe, non col far scorrere l'acqua alla superficie, che colà presto sarebbe svaporata e fatta svanire dal Sole, ma col nasconderla sotto terra, lasciando all'umana industria l'andarla a ricercare. Nè solo il Sahara ma tutte le pianure asiatiche a' piedi de' monti, e segnatamente quelle di Palestina e quelle abitate dagli antichi patriarchi, sono in tal modo rese abitabili. Ne fa fede la Bibbia tracciandosi la storia degli antichi coloni e le grandi lotte pei pozzi fra i pastori dei patriarchi, poichè i pozzi erano le sorgenti della loro ricchezza. Come cavassero questi pozzi gli antichi ce lo ha conservato Abdallatif, medico arabo del 13° secolo. Essi cominciavano con fare un pozzo ordinario, e a certa profondità mettevano un cerchio di legno come di ruota da carro. Su questa cominciavano a fabbricare un muro circolare, che arrivato a fior di terra si sospendeva l'alzarlo più oltre. Allora si scavava sotto al cerchio di legno, che gravato del peso del muro si veniva sprofondando a mano a mano che si cavava, e abbassatosi così l'orlo della camicia superiore di un certo tratto, si tornava a murare sopra, e poi di nuovo a cavar sotto, e così via via, fino a trovar l'acqua cercata che spesso zampillava fino sopra la superficie del suolo.

Ma non dappertutto si trovano queste combinazioni geologiche per dar tal comodo all'umanità. In alcuni siti le nappe d'acqua, se vi sono, stanno a profondità favolose di 300, 400 e fino a 1000 metri, per raggiunger le quali si esigono i mezzi colossali di cui possono disporre ricche città, come fu per Parigi il pozzo di Grenelle e quello della Raffineria di M.r Saix, che va fin sopra a 548 metri di profondità.

L'acqua che sgorga da queste enormi profondità ha due singolari proprietà. In genere essa è carica di sali, è *minerale* come dicesi, onde rare volte è potabile essendo salmastra. Ma essa è sempre calda notabilmente. Si valutò da questi trafori che la temperatura cresceva di 1° centigr. per 30 in 32 metri di profondità; donde all'inverso si concluse che un'acqua che esca fuori calda naturalmente, e sia lungi da apparati vulcanici, essa deve venire da tanto maggior profondità quanto essa è più calda.

La regola è giusta in genere, ma il valutare dalle temperature la profondità non è sempre sicuro dietro alla regola suddetta. Infatti il

traforo del Moncenisio ci ha insegnato che colà la temperatura non cresceva di un grado che coll'aumento di profondità di 50 metri. Che l'acqua possa penetrare fino a tali profondità e anche maggiori delle accennate non deve sorprendere, poichè anche colà dove cessano i crepacci meccanici, resta la porosità naturale delle rocce; e se pure colla profondità cresce la loro densità, cresce però pure la pressione dell'acqua superiore che tende a spingerla sempre più basso. Ogni roccia che si estrae dal seno della terra è umida; i graniti stessi sono così inzuppati d'acqua che quando sono freschi di cava si lavorano come fossero semplice tufo; evaporata l'acqua, col tempo riescono duri e quasi inattaccabili dall'acciaro e dal tempo. L'acqua, spinta a tanta profondità, difficilmente ritorna alla superficie per la propria forza d'equilibrio e di livello. Ma allora sottentra un altro elemento, cioè il calore. Questo allora agisce evaporandone le masse, esercitando pressione alla sua superficie per mezzo del vapore come fa nelle nostre eolipile, e la sforza a risalire in alto.

Di qui quelle sorgenti termali che tanto abbondano alla superficie del globo, non solo nei distretti vulcanici, ma anche lontano da essi, e in cui spesso le acque sono alla temperatura dell'ebollizione, benchè abbiano dovuto perdere immensa copia di calore nel traversare gli strati terrestri più freddi superiori. Esempi notissimi se ne hanno in Germania, in Islanda, in Italia, e non lungi da Roma i bagni caldi di Vicarello e Stigliano, il Bullicame di Viterbo.

Queste acque calde dissi che sono spesso minerali, ed esse sono per ciò capaci di lasciare grandi depositi, e dar origine a molti ammassi di materiali. Quelle di Viterbo e le altre testè nominate incrostano tutti gli oggetti e ostruiscono i loro stessi canali colla massima facilità. Le famose acque di Carlsbad in Germania hanno formato un banco tale di solido masso che tutta la città vi è sopra fabbricata. I nostri monti Parioli, qui, presso a noi, sono stati formati dal deposito delle antiche sorgenti dell'ora languente acqua acetosa. Le sorgenti tartarose di Tivoli, quelle di Ferentino, hanno coperto mezze provincie coi loro depositi. Così si formano i famosi travertini o pietre calcari porose. Ma talora si depositano anche pietre compatte come quelle di S. Filippo in Toscana, che formano in media un deposito di circa 3 metri all'anno di spessore, colà dove soggiornano anche solo per uso di bagni. Quelle di Vignone e di Tocco non fanno meno lavoro. Gli oggetti messi in queste acque s'incrostano di marmo con tanta finezza che se ne possono pigliare le forme agli stampi come alla cera, colla massima delicatezza. Il volgo dice che gli oggetti così coperti sono impietriti;

ma non sono realmente convertiti in vera pietra, bensì solo intonacati dalla materia lapidea portata dall'acqua.

Tutte le acque in genere hanno seco de' materiali solidi, come il carbonato calcare, che per lo più tengono in sospensione mediante l'azione dell'acido carbonico, perduto il quale esso si deposita. Le acque potabili nostre, dette Felice e Marcia, depositano nei condotti il carbonato di calce solo quando dopo esser state sbattute per le cadute hanno perduto l'acido carbonico. Questo gaz è quello che dà all'acqua una potenza dissolvente fortissima, e senza di esso poco o nulla varrebbe l'affinità chimica dell'acqua sola.

Se non che in questo lavoro de' depositi noi cominciamo a vedere una causa di riparazione de' tanti guasti e delle tante demolizioni che fa l'acqua, riparazione certamente insufficiente, ma non trascurabile nell'economia della struttura del globo. Immensi depositi s'incontrano delle antiche acque che hanno formato estensioni di intere regioni e che hanno riparato in parte le materie esportate da torrenti e da fiumi; però queste masse portate all'esterno sono a danno delle viscere stesse della terra che così rimane corrosa e in varie parti trasformata.

Ma cause ben più imponenti sono necessarie a ristabilire l'equilibrio de' mari e de' continenti, e queste vedremo ben presto.

Questa gran potenza riparatrice è quella del fuoco che regna nello interno del globo, di cui dobbiamo ora occuparci e perciò cominciare dallo studiare i suoi effetti attuali per poter trarre così la chiave da spiegare quelli che ebber luogo in remotissimi tempi. Le forze della natura che sono ora in opera sono le stesse che agirono nelle epoche scorse, e se hanno cambiato forse d'intensità, non han certo cambiato di natura, onde per spiegar la natura non d'altra parte deve prendersi la chiave che dalla natura stessa.

LEZIONE VI.

I vulcani e il vulcanismo.

Nelle lezioni precedenti abbiamo veduto l'attività grande delle azioni demolitrici de' continenti; azioni che possono riassumersi principalmente

nel lavoro meccanico dell'acqua; dobbiamo ora esaminare le cause riparatrici. La natura, sempre simile a se stessa, non solo si prefigge la formazione, ma anche la conservazione delle sue opere; ed essendo esse per lor natura tutte soggette a deperimento, si è sempre sicuro di trovare che per ogni causa tendente a distruggerle ne esiste un'altra che adopera a rimetterle nel primiero stato. Anche nell'ordine in apparenza il più labile, che è la vita animale, se l'individuo perisce, la specie perdura, e la natura riesce a perpetuarla con ringiovanirla continuamente mercè de' novelli individui originati dagli antecedenti nel fiore della loro vitalità. Per la conservazione adunque della esterna struttura del nostro globo, tal legge non potrebbe mancare; ed effettivamente essa risiede nel calore che regna nelle sue viscere, i cui

Fig. 4. Il Vesuvio (1866).

molteplici effetti dobbiamo studiare. Esamineremo ora i principali e i più apparenti di essi, cioè l'azione del fuoco nei vulcani e nelle formazioni analoghe.

A tutti, ma specialmente a noi Italiani, son ben noti que' monti singolari che dalla lor cima rigettando sovente fumo e fiamme, e dai fianchi squarciati vomitando torrenti di materie fuse chiamate lave fra boati e tremiti delle loro masse e delle regioni circostanti, spargono il terrore e lo spavento nei loro contorni, e trassero il nome di Vulcano, nelle favole il Dio del fuoco.

Famoso nell'Italia nostra è il Vesuvio di Napoli, che alle epoche storiche arse la prima volta, nell'anno 79 dell'êra volgare, e in ap-

presso moltissime altre volte si riaccese, e attualmente trovasi in una quasi continua attività. Più colossale e mirabile è l'Etna in Sicilia, il cui vertice si alza a 3330^{m}, che presenta il fenomeno straordinario di una cima coperta quasi sempre di neve, da cui si erge colossale colonna di fuoco e fiamme. Più modesto, ma non meno importante, è il piccolo vulcanetto di Stromboli nell'isola di questo nome, tra la Sicilia e l'Italia, che fa una piccola eruzione a regolari intervalli di circa 10 minuti.

Fuori d'Italia sono ardenti l'Ecla, in Islanda, presso il polo Nord; l'Erebo, nelle terre antartiche; il Picco di Teneriffa, nelle isole Canarie; i colossi del Pichincha, del Cotopaxi, del Jorullo, nell'America meridionale, e cento altri.

Fig. 5. Lo Stromboli.

Ma le montagne in istato di attuale incandescenza non sono le sole che trovinsi di questa specie; moltissime altre se ne incontrano, e fino a parecchie centinaia (600 almeno) ne hanno contato i geologi; e alle quali molte altre, di dubbio carattere, possono aggiungersene, che trovansi in mezzo al mare o in regioni poco finora conosciute. Per ravvisare queste singolari formazioni e riconoscere così anche quelle che non si distinguono per l'eruzione attuale, gioverà esaminare i loro caratteri. Nè a tale scopo dobbiamo andare molto lontano, avendone presso Roma e in altre parti d'Italia numerosi esempi.

Le montagne vulcaniche sono in genere di forma conica, che è quella forma che vestono i materiali, quando lanciati in aria da un centro

si dispongono attorno all'asse di formazione. Questo cono rozzo e grossolano come conviene a masse così fatte, è ordinariamente troncato in cima, ed ivi si apre la voragine da cui esce la materia eruttata, che rimane chiusa poi al suo fondo dalla propria materia sollevata, cessato che sia il parossismo. Il cono rare volte è unico; per lo più la montagna vulcanica è formata di molti coni che ne circondano uno principale, aventi ancor essi la loro cima troncata, e spesso forniti ancor essi della grande cavità. Questa cavità dicesi *cratere* per somiglianza colle forme della tazza.

Le figure del Vesuvio, del Picco di Teneriffa, dell'Etna, che sono prevalse dappertutto, sono troppo facili a capire, perchè occorra altra spiegazione.

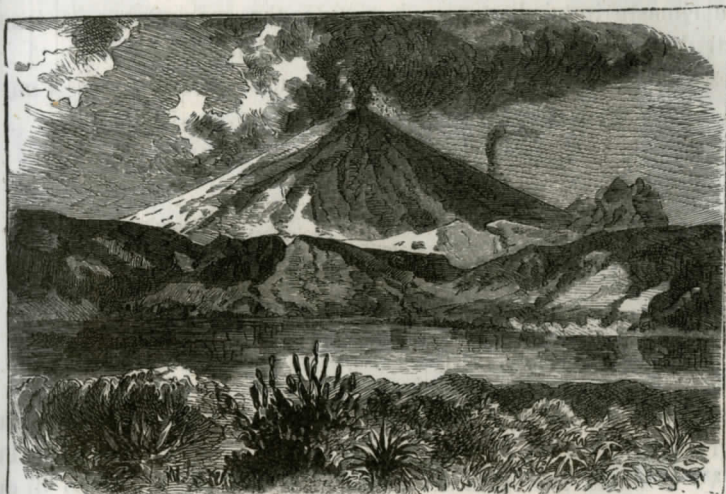



Fig. 6. Il vulcano Cotopaxi.

Ma, se uno non si limita solo a considerare la bocca eruttiva del cono, ma tutto il suo contorno, si trova che la cosa è assai complicata. La maggior parte dei coni ora attivi non sono che gli avanzi d'immensi apparati eruttivi demolitisi successivamente e rinati uno sopra le rovine dell'altro. Così, p. es., il Vesuvio si vide esser un cono nato a ridosso di un altro molto più grande, di cui resta vestigio nella cinta che gli si vede accanto, detta *Somma*. Questa cinta è la rovina di un altro immenso cratere che già fino agli antichi aveva fatto temere che il monte aveva arso. Il Vesuvio non è che un cono secondario sôrto sull'orlo laterale di quel magno cratere. Anzi Somma stesso e la sua catena non è che un cono secondario di una regione vastissima tutta

formata di bocche vulcaniche, e il golfo di Napoli è uno sterminato cratere esso stesso, circondato da apparati di minor mole, che formano i campi Flegrei colla solfatara e laghi che rendono così vaghi e poetici i contorni di Napoli. La materia di questi monti è sortita tutta dalle bocche ignivome a' tempi ignoti, e nell'interno del globo sventrato da queste effusioni sono restati immensi vacui, che coperti da volte relativamente assai deboli, si sono sprofondate, e hanno lasciato i ciglioni acuti e a pareti verticali che ora si vedono nei contorni dei vulcani attuali.

L'Etna, che è il colosso più grande che sia nel vecchio mondo, è formato di un numero sterminato di eruzioni accavallate una sull'altra, e di lame ammonticchiate, e di precipizi nati dagli sprofondamenti delle cupole rimaste in piedi per certo tempo che coprivano i vani antichi lasciati dalla materia eruttata fuori antecedentemente.

Presso Roma abbiamo un esempio di queste formazioni, a cui non

Fig. 7. Profilo dell'Etna, veduto da Catania.

manca che la fiamma per costituire un vero vulcano perfetto. Questo è il gruppo de' nostri monti Laziali, cioè di Velletri, Albani e Tuscolani (V. la carta geologica dei contorni di Roma). Il gruppo di queste montagne sorge affatto isolato e indipendente da ogni altra catena montuosa. La valle di Palestrina lo stacca affatto dagli Appennini dal lato di N-E; a ponente si stende fino a perdersi nelle paludi Pontine, e a S-O è separato pure da una valle ben decisa dai Monti Lepini, e nella gran pianura della campagna romana, e in mezzo a queste due catene si espande verso mare il cono Laziale. Esso ha per contrafforti inferiori le colline di Velletri, Albano, Marino, Frascati, ed erge la sua cima principale nel così detto Monte Cavo, all'altezza di 960^{m} sul livello del mare. Questo monte è poco diverso in altezza dal Vesuvio, ma è meno di un terzo dell'Etna. Che la sua struttura sia vulcanica non può mettersi in questione per la somiglianza che ha nella forma con tutti i monti ignivomi, per la qualità de' materiali identici e similissimi, e infine perchè è ormai indubitato che ha eruttato ai tempi

storici. Son famosi i rapporti fatti al Senato Romano che nei colli Albani eran piovute pietre per due giorni, che eransi nei suoi boschi uditi muggiti e voci spaventose, che si erano avuti terremoti, fenomeni tutti d'indole vulcanica, come meglio vedremo in appresso. La struttura di questo centro vulcanico è molto complessa; ma studiata che sia, ci gioverà a riconoscere tutte le altre, e perciò giova esaminare sulle carte le forme.

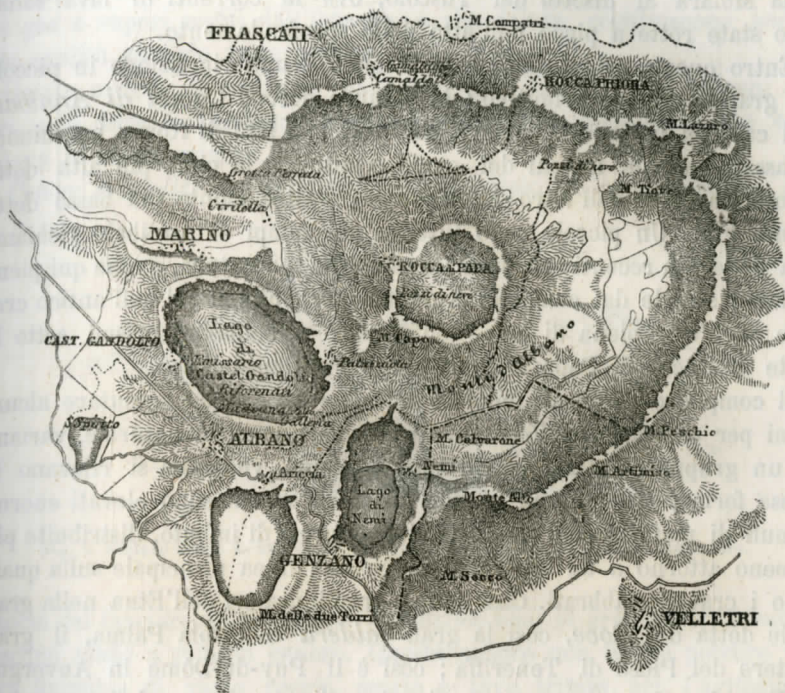



Fig. 8. Crateri laziali.

Studiando su di una carta questo gruppo noi troviamo che attorno attorno al centro gira una corona di monti disposti a modo di anello, dell'altezza di circa 600 metri, che partono dal Tuscolo che è separato per la valle della Molura dalla catena de' monti di Roccapriora e degli Artemisii, e vengono a raggiungere quel dorso, in cui si sprofondano i laghi di Nemi e di Albano. Questo perimetro è veramente quello di un antichissimo e vastissimo *cratere*, di cui restano gli orli rilevati, mentre un enorme sprofondamento ha luogo alla valle della Molara, che trovasi allo sbocco tra Frascati e Grottaferrata, piena d'una massa di lava di due chilometri di larghezza, e di cui è ignota la profondità,

ma che non è minore di 30 in 40 metri. Per questa spaccatura ha corso una enorme colata di lava che si stende per valle Marciana fino alla pianura.

Questo contorno del cratere è, dall'altro lato, rappresentato dal ridosso ove sono i laghi suddetti, che sono i vestigi di due enormi sprofondamenti, in cui s'aprirono altri due crateri. Le vestigia dell'interno del gran cratere si riconoscono pure ancora nel tratto detto la valle della Molara al disotto del Tuscolo, ove le correnti di lava solida sono state rotte a picco nell'atto dello sprofondamento.

Entro questa prima cinta e la seconda è una ripetizione in piccolo del grande cratere primitivo: la pianura detta i *Campi di Annibale* è il cavo di un nuovo cratere, slabbrato dal lato di Roma, ma minore di assai; uno de' fianchi del quale costituisce la cima più alta detta Monte Cavo, e dall'altro lato opposto l'altro monte più basso detto Monte Pila. Un piccolo cono interno nei campi di Annibale richiama una delle più recenti eruzioni. Una enorme spaccatura, anche qui piena di lava, scende dai campi di Annibale per precipitarsi nell'antico cratere anch'essa piena di lava conformata a bellissimi prismi sotto la fonte di Rocca di Papa al luogo detto Pentimastalla.

Il complesso di questi monti è tale che appena basta mutare alcuni nomi per adattarlo al *Vesuvio.* I particolari, come è naturale, variano da un gruppo all'altro, ma in tutti i gruppi vulcanici si rilevano le stesse forme, cioè di una grande apertura su cui sono elevati enormi cumuli di materie con grandi cavità a forma di imbuto, distribuite più o meno attorno a un centro, o lungo una linea principale sulla quale sono i crateri slabbrati. Così sono i grandi crateri dell'Etna nella gran valle detta del *Bove,* così la gran *caldera* dell'isola Palma, il gran cratere del Picco di Teneriffa; così è il Puy-du-Dôme in Auvergne di Francia. Queste aperture minori collocate dentro delle maggiori mostrano che i vulcani attuali sono i relitti di operazioni più vaste che ebbero luogo in epoche antiche.

I materiali di cui sono formate le montagne vulcaniche sono di un carattere speciale e diverso da quelle che formano le grandi catene generali del globo, quali sono p. es. da noi gli Appennini, le Alpi e le altre che le fiancheggiano.

I vulcani eruttano materie fluide e solide: fluidi sono i numerosi gas e vapori, e principalmente il vapor d'acqua in copia enorme, acido carbonico e idrogeno. Vari vulcani dell'America e dell'Asia hanno eruttato acqua e fango, ma da noi i materiali sono per lo più solidi. Essi possono ridursi a tre categorie:

1. A *ceneri o lapilli* sciolti.

2. A *tufi o peperini,* formati dai materiali eruttati e impastati dall'acqua.

3. A *lave e scorie* che sono materie che liquefatte dal fuoco, hanno scorso in istato di fusione, e solidificatesi col tempo, costituiscono le note pietre dette selci, che servono da noi a lastricare le strade. Le scorie non sono che le spume, o le materie più leggiere e superficiali della lava che sono rese bollose e bucherate per l'azione dei gas e vapori usciti dall'interno, e che talora costituiscono anche una qualità speciale detta pomice.

Queste materie le vediamo realmente ogni dì uscire dai vulcani attivi, e là dove le troviamo possiamo addirittura concludere che esse ebbero la stessa origine.

Ceneri e lapilli. — Il Vesuvio al principio di ogni eruzione co-

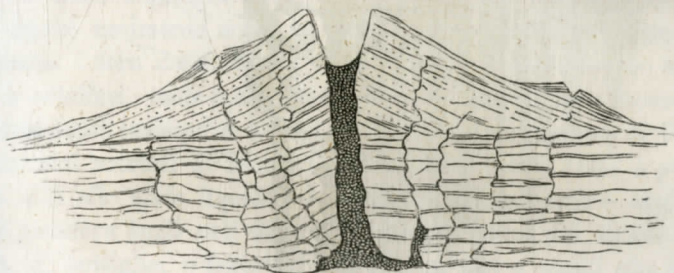



Fig. 9. Sezione ideale di una montagna vulcanica prodotta da eruzioni successive.

mincia dal lanciare in aria fumo densissimo che, in gran parte, è vapor d'acqua misto a minuta cenere. Questa cenere non è che polvere talora finissima di varie roccie, scorie e lave tritate per l'agitazione continua che ha luogo nell'interno del vulcano. Questi detriti sono talora così fini che costituiscono una polvere impalpabile, che veduta col microscopio è formata di cristallini o di materie bollose come pomici, di natura generalmente silicea. Essi sono talvolta in frammenti più grossi che formano il così detto lapillo, o *rapello,* a cui appartengono le nostre pozzolane; queste masse sollevate in alto dalla forza del vulcano ricascano tutto intorno a modo di pioggia: le più grosse restano attorno alla bocca, le più fine sono disperse dal vento, e arrivano a grandi distanze. In una delle ultime eruzioni arrivarono a Velletri, e a Roma, e in alcune antiche si ha tradizione che arrivassero a Costantinopoli. Il gran pino che si erge sopra le bocche in

eruzione è sovente solcato da numerose scariche elettriche, e che sono veri fulmini. Ciò deriva non solo dalle fasi che subiscono i vapori eruttati, ma anche dall'attrito continuo di queste polveri secche che si elettrizzano potentemente per semplice strofinamento meccanico, e per la continua salita e discesa.

Ma il vulcano non sempre lancia cose minute; queste materie dominano fintanto che esso abbia sbarazzato la via del tubo che lo mette

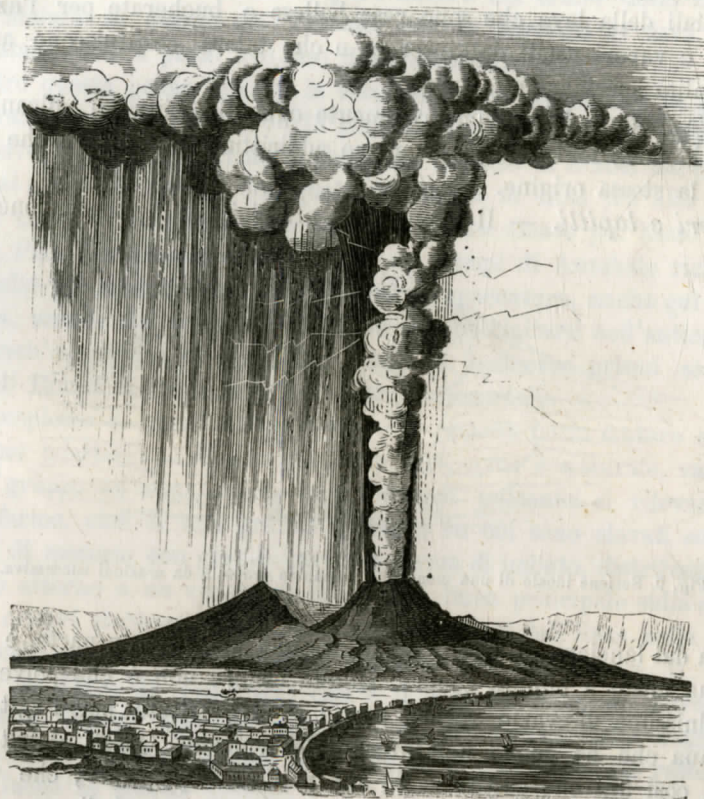



Fig. 10. Eruzione del Vesuvio, veduta da Napoli nell'ottobre 1822.

in comunicazione coll'interno, ma fatto ciò esso lancia materie di grandi masse di lava fusa talora o recentemente solidificata. Dei sassi di immensa mole sono spesso scagliati in alto all'altezza di 50 e 60 metri e più, e fino a 230 m., come osservò l'Hamilton, del volume di due o tre metri cubi, che ricadendo rotolano ordinariamente sulle pareti interne del cratere, ma talora anche vanno fuori alle esterne del cono. Le minori moli spesso racchiudono frammenti di vecchie lave

vestite di nuove, e talora anche queste masse sono vuote all'interno, e rassomigliano a bombe di artiglieria, quindi tal nome è dato a questi proietti.

Tufi. — Per la quantità del vapore acqueo che esce dal vulcano, e quando accadono nelle stagioni piovose queste eruzioni, sono pure spesso accompagnate da violente burrasche di acqua, e sempre anche a secco da grande sviluppo di elettricità. In caso di pioggia i lapilli e le ceneri sono impastate ancor calde dall'acqua e formano correnti fangose e i loro antichi depositi, penetrati dall'acqua, formano i tufi e i peperini, cose che non diversificano tra di loro che per l'accidentalità dei loro componenti. I fianchi de' monti vulcanici sono così rivestiti di banchi, e da strati di tufi sovrapposti, che possono studiarsi bene nei tagli fatti ad occasione delle ferrovie alle falde dei nostri monti Albani e dappertutto. Sono questi ammassi che formano la massima parte delle montagne vulcaniche, e dànno loro solidità e resistenza, talchè realmente sono le masse uscite dalle loro viscere che costituiscono i loro dossi. Molte volte i lapilli quando escono sono caldissimi e semifusi, onde è che si agglutinano tra di loro facendo ammassi stratificati insieme e bollosi, come la pietra sperone di Frascati, e gli ammassi scoriosi di Monte Cavo. La lava molte volte è pure lanciata in alto allo stato liquido, e solidificandosi per aria e agglutinandosi nel ricadere sugli orli del cono, veste le forme più strane di coni, di tazze, di bottiglie, e fabbrica piccoli coni alti e sottili che sono curiosissimi.

Lava. — Ma il fenomeno più imponente è l'eruzione della lava. Questa consiste di una materia silicea che liquefatta dal calore scorre fusa e rovente come un liquido metallo. Enormi correnti ne abbiamo alle porte di Napoli e di Roma ed all'Etna della larghezza da pochi metri a molti chilometri. Quelle de' colli Albani giungono fin presso le nostre mura e le antiche vie sono sopra di esse costruite come la via Appia. Il terreno sopra di esse è cotto letteralmente e veste la tinta di mattone. A Napoli ne prendono dei pezzi ancora fluenti e ne stampano medaglie e impronte figurate. La lava liquida da principio presto diventa vischiosa e s'indura e diviene, fredda che sia, una roccia durissima.

Fig. 11. Impronta sulla lava fluente.

Spesso si vede bollire e saltare nel fondo del cratere, come nel Vesuvio e a Stromboli, più rare volte all'Etna come ne la vide lo Spallanzani, all'altezza cioè di oltre 3300 metri! Però essa rare volte

sgorga dalla cima : per lo più essa sfianca il monte, e si fa strada per le crepacce delle pareti. È proprio questo il caso di un immenso crogiuolo che pieno di materia fusa si fende sotto la grande pressione e scoppiando lascia uscire il contenuto. Le maggiori eruzioni del Vesuvio sono accadute a questo modo. Le fessure hanno attraversato più volte i paesi dell'Annunziata e la Torre del Greco, e la lava si è fatta strada tra le case e le vie della città ed è colata al mare. Le ultime eruzioni sono state meno violente e direi quasi da gabinetto, ma anche in queste se sono uscite assai dall'alto, sono però sempre uscite dal dissotto della cima. L'eruzione del 1867 scendeva da una apertura

Fig. 12. Dicchi vulcanici e Grotta del cane presso Napoli.

fatta nel fianco del monte e arrivata a un dato piano stagnava come in un lago di fuoco, da cui si diramava in due torrenti facendo da un lato una cascata superba, dall'altro continuando in un placido fiume. La spaccatura dell'Etna nel 1669, da cui sorsero i Monti Rossi, era lunga 12 miglia e la corrente avea una larghezza di 4 a 6 miglia e una lunghezza di oltre 14, e sorpassata Catania andò a precipitarsi nel mare (Spallanzani, T. I, p. 158).

Molte volte la lava appena sfiora la terra, ma riempie tutta la spaccatura, e ivi dentro si consolida. Queste masse allora formano i *dicchi* che riempiono le fessure fatte dentro le masse della montagna. La

fessura naturalmente sempre resta piena, ed è il sopravvanzo che fa le *colate*: colate che a modo di fiumi arrivano a enormi distanze.

Abbiam detto che il suolo sotto queste correnti si cuoce se è argilloso e forma come mattone, i grandi vegetali sono bruciati a distanza dal gran calore, e sepolti sotto come carbone. Incontrandosi un fosso o uno stagno d'acqua succedono spaventose esplosioni. Se arriva al mare vi si spinge dentro mettendolo in ebullizione, uccidendo i pesci, rallentando in quanto l'inclinazione ivi essendo minore presto si ferma facendo un promontorio, come ha fatto l'Etna più volte presso Catania.

Le lave corrono rapide sul pendio se è ripido, ma se è poco inclinato corrono assai lentamente, e faranno appena uno o due miglia al giorno, e anche meno, finchè si fermano affatto. Il loro corso è quello di una materia vischiosa e tenace, la massa fluida presto si copre di una crosta piena di bolle soffiate dalla forza de' vapori che si sprigionano dall'interno della lava: crosta che ben presto perde il suo vivo colore rosso e diventa oscura, ma la lava sotto si conserva ancora fluida e scorrevole. La così detta *fronte* è formata da croste raffreddate che spinte dal liquido premente precipitano in basso e vanno a formare il pavimento su cui deve scorrere il torrente. Essa così cammina come rotolando alla fronte a modo di una tela che si svolge. L'altezza della fronte dipende dalla massa del fluido e dall'inclinazione del letto. Nell'Etna l'altezza raggiunge fino a 30 e 40 metri, e la larghezza a due in tre chilometri. Le distanze a cui si propagano le lave sono anch'esse in proporzione della massa eruttata dal vulcano. L'Etna le ha diffuse per sessanta chilometri e più; i nostri vulcani Laziali le spinsero fino a Capo di Bove presso Roma, cioè a 26 chilometri e più. In America del Nord una intera provincia si è ora riconosciuta giacere su di un immenso letto di lava. La sua estensione è quasi quanto l'Italia tutta.

Le lave sono quelle che modificano notabilmente le bocche de' crateri da cui sortono. Spesso lanciate in alto dalla forza de' vapori si sollevano in aria, semiliquide e riassodantisi cadono pastose sull'orlo del cratere e si conglutinano assieme con le antecedenti già cadute. Così accade la formazione dei piccoli coni sui grandi. Nel 1870 un getto di questa specie aveva formato nell'orlo del cratere del Vesuvio un cono accidentale di circa 100 m. di diametro e alto 40 m. che poi crollò tutto d'un tratto. Talora questi coni hanno depressioni assai piccole, e diventano numerosissimi. Se hanno tempo da consolidarsi imitano in piccola scala le forme de' coni maggiori.

Le lave se scorrono sulle pendici de' monti coperti di neve possono

produrre forti innondazioni. Ciò è accaduto più volte all'Etna, e soprattutto nelle Cordigliere americane. Le nevi fuse producevano torrenti di acqua che distruggevano le sottoposte campagne.

Esse conservano lungo tempo il loro calore; lo Spallanzani trovò che delle lave corse 3 anni prima gli bruciavano la punta del bastone; quindi in un campo di lava seguitano a sollevarsi dalle crepacce fumi e vapori per molti e molti anni.

Raffreddandosi la lava si rompe in varii pezzi, la massa è profonda e le sue fenditure sono bene spesso verticali e parallele, onde la massa si divide in prismi. Un bell'esempio se ne ha presso Roma a S. Maria di Galera e a Rocca di Papa alla sorgente che alimenta la fontana di

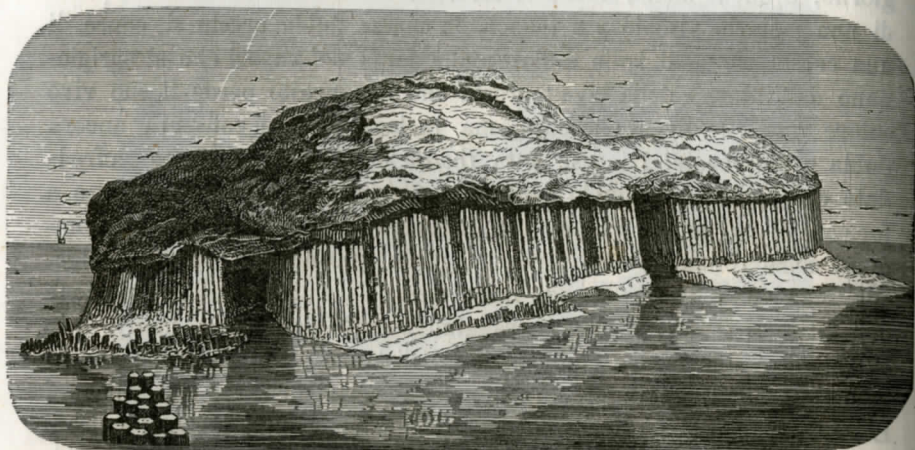



Fig. 13. Basalte colonnare della Grotta di Fingal nell'isola di Staffa.

Pentimastalla. Questi prismi si vedono talora anche nei tufi, ma specialmente nei basalti, ove hanno una regolarità ammirabile, e perciò questa struttura si dice *basaltina*.

Sono famose le grotte di Fingal, quella di Tornopp, i Faraglioni de' Ciclopi in Sicilia e altre formazioni basaltine. Le quantità delle materie eruttate variano coi vulcani e colle loro forze e periodi di riposo. Il Vesuvio che dai materiali suoi era riconosciuto essere stato monte ardente, come lo dice Plinio, anche dagli antichi, non aveva eruttato a memoria d'uomo. Ma nell'anno 79 di G. C. nella prima esplosione coprì Pompei ed Ercolano e Stabia, tre città fiorentissime, lasciandole sotto le ceneri, i lapilli e le lave, di tanta altezza che in molti siti superano i 50 metri. L'Etna eruttò in pochi giorni tanta

roba che ne formò una catena di monti detti *Monti Rossi*, più grandi del nostro Monte Cavo di 960 m. di altezza. Presso Pozzuoli in una notte e in un giorno si formò il Monte Nuovo dell'altezza di un miglio (1). Il Jorullo, monte di 900 metri d'altezza, si formò in meno di cinque giorni in mezzo ad una grande pianura. Il Skaptar Jockul nel 1783 vomitò due torrenti lunghi uno 80 chilometri, largo talora 24;

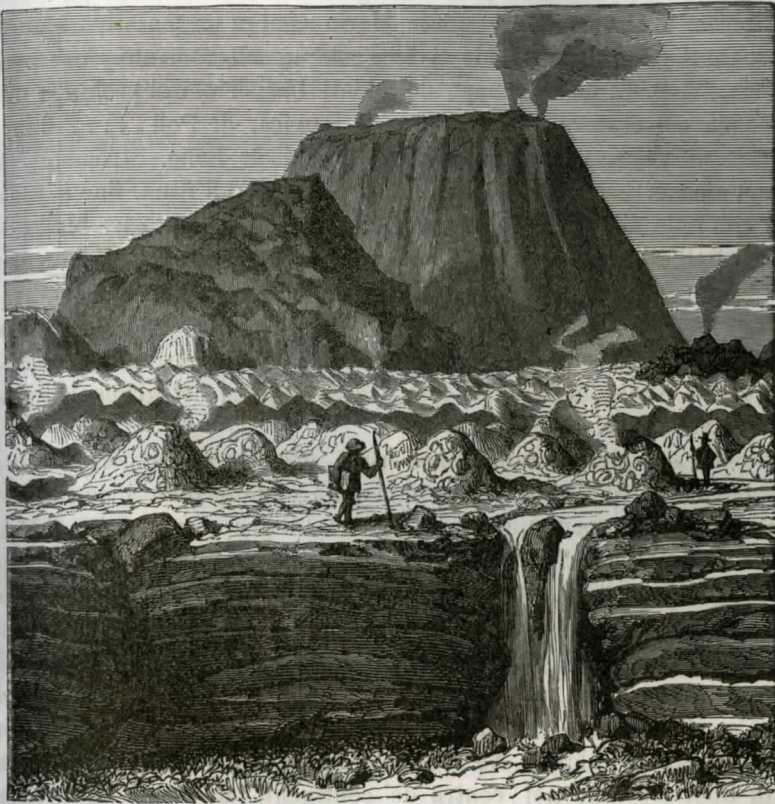



Fig. 14. Veduta del Jorullo e del Malpais nel Messico (secondo Humboldt).

l'altro lungo 65 chilom. e largo 12, la profondità talora era di 150 m., quantità di roba quasi eguale al Monte Bianco. E questi sono vulcani non stragrandi in proporzione dei colossi, di quelli che sono nelle Ande, il Pichincha, il Cotopaxi (5700 m.), il Conseguino, il picco di Orizaba (5400 m.).

---

(1) Così dice Pietro Jacobeo, ma è un miglio di salita.

I fenomeni vulcanici però, qualunque sia la loro scala, han questo di particolare che si rassomigliano tutti perfettamente, tranne in alcuni piccoli dettagli secondarii. Quindi è facile riconoscere la presenza di un cono o di un gruppo vulcanico da questi caratteri. L'Italia nostra ne è seminata. Roma giace in mezzo a una catena vulcanica (Vedi la pianta geologica, tav. VII). Essa ha a N. O. quelli che ora formano i laghi di Vico, di Bracciano, di Martignano e tutte le montagne vicine di Viterbo. L'elevazione di Monte Mario sembra un tentativo mancato di produrvi un vulcano, onde si fece solo un sollevamento senza uscire materia. Al S. E. ha il gruppo de' Monti Laziali che si prolunga nella campagna col cratere di Ticchiena, di Patrica, di Pofi . . . . . fino ad arrivare al Vesuvio. Questa linea passa le isole Eolie, Stromboli, Lipari, Vulcano, ecc., tutte vulcaniche, e arriva all'Etna, fino a terminare coll'isola Giulia che sorse nel 1832 avanti Sciacca tra Malta e la Sicilia. Dall'altra parte verso l'Italia superiore il gruppo di Bracciano si collega per mezzo di altre manifestazioni vulcaniche attraverso la Toscana e l'Emilia, ove sono numerosi piccoli vulcani di fango detti salse e terreni ardenti presso Barigazzo e le Filigare alle zolfare di Romagna e le salse di Modena, fino a congiungersi col gruppo di quelli di Vicenza e degli Euganei.

In generale queste grandi linee sono disposte sull'angolo inclinale de' sollevamenti delle montagne e vanno costeggiando i mari. Fuori d'Italia non sono meno numerosi. È famoso il gruppo vulcanico dell'Auvergne in Francia, che credesi abbia eruttato nel medio evo. Ma i più trovansi nelle isole. Le Canarie, le isole Capoverde sono vulcaniche, e Teneriffa è famosa pel suo picco stato più volte ardente. La maggior parte delle isole dell'Oceano Pacifico sono vulcaniche. Una quantità immensa se ne trova sul litorale americano del Sud, e tra questi i più colossali del Chilì. Moltissime isole di corallo o madreporiche sono fabbricate sopra vulcani. Ne sono stati descritti e contati distintamente più di 300. Ne sono nel centro de' continenti, ne sono all'Equatore numerosissimi. Le isole Aleutie e le isole del Giappone ne sono piene. Ne sono ai poli, come l'Ecla nelle regioni polari nordiche e l'Erebus nelle Australi. Talchè non sono circoscritti a nessuna regione speciale, benchè la preferenza debbasi ai litorali marini. Ne sono molti sotto mare che nelle loro eruzioni talora sorpassano il livello delle acque, ma per lo più si limitano ad esplosioni che producono immense onde maree, come quella del maggio 1877 che fece salire il mare sopra a 30 piedi sul livello delle isole Hanway e delle coste del Perù, distruggendo città e paesi, e uccidendo migliaia di abitanti.

Ciò fa vedere che la potenza vulcanica è generale nel globo e non speciale di un punto particolare. Fenomeni però così grandiosi come sono le loro eruzioni non possono accadere senza grandi sconcerti dei luoghi ove dominano. Le rotture e spaccature del suolo sono quindi accompagnate da terremoti, da sollevamenti, colla distruzione di ogni opera d'arte umana. Le città intere sono spesso assorbite nelle crepacce o coperte di materiali, come è recentemente accaduto di molte nell'America Centrale e nelle regioni del Perù.

Lo sventramento delle montagne fatto con tanta materia lanciata fuori, deve necessariamente lasciare dei vuoti spaventosi nell'interno;

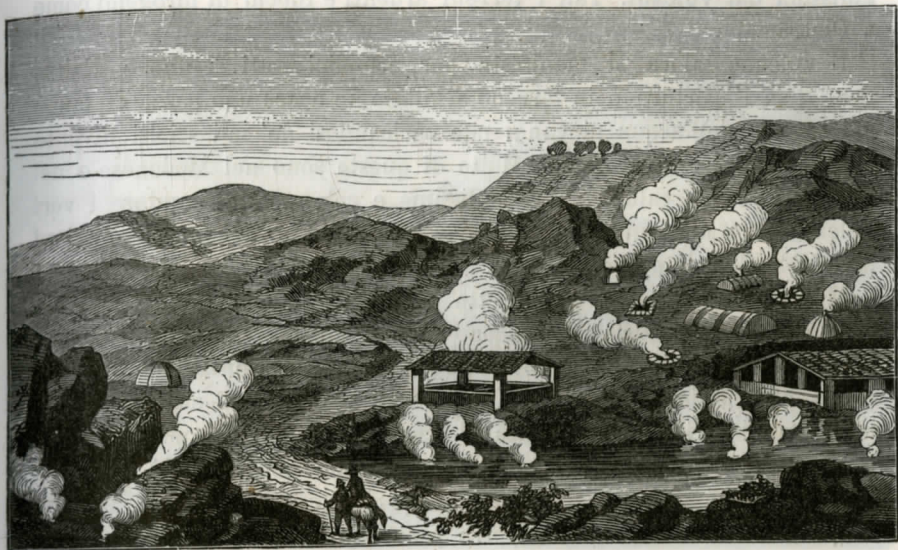



Fig. 15. Lagoni di Montecerboli (Pisa).

per cui accadono poi quegli sprofondamenti chiamati crateri, talora enormi, che lasciano una corona di monti. Tali sono, in piccola scala, i laghi di Albano e di Nemi, e le voragini alternative sui coni del Vesuvio e dell'Etna, le cui cime sono variabilissime.

Dobbiamo ora investigare qual sia la potenza che produce sì colossali effetti, e donde immediatamente derivi. Ma per rinvenire questa, è necessario studiare le sue diramazioni, e gli altri stati in cui si mostra il vulcanismo, se non così furibondo, però non meno potente.

Dipendenti dai vulcani e dalla medesima causa sono molti altri effetti della forza ignea dell'interno del globo. Tali sono i soffioni di vapore acqueo bollente come i famosi soffioni borici di Toscana, i quali

sortono da crepacce piene di vapore, che anche artificialmente possono aprirsi dove più piace; tali sono pure le sorgenti d'acque calde e bollenti come quelle di Viterbo, Vicarello, ecc. che trovansi in tutti i luoghi vulcanici. Tali le emanazioni di gaz carbonico che producono le mofete e di cui se ne trovano pure per tutto. Ad esso appartengono anche i colossali Geysers di Islanda, e le non meno famose terre a vulcani di vapore ed acque calde del lago Yellowstone negli Stati Uniti che eruttano acque calde e depongono silice e zolfo nelle loro pareti (1). Tali le solfatare da cui escono vapori sulfurei misti a vapor d'acqua, tali infine sono le sorgenti termali che trovansi in luoghi anche lontanissimi dai vulcani. Tali i terreni ardenti e fuochi di idrogeno come a Pietramala.

Il vulcano talora si manifesta per semplici getti di uno o d'altro gaz, e se l'apertura è in terreno argilloso ne nasce una pozza di fango pel raduno dell'acqua piovana, che caricandosi de' sali sciolti diventa salina e perciò dicesi *salsa*. Molte di queste sono nel Modenese e nel Siciliano le maccalubbe, e grandissime e colossali da emulare i veri vulcani sono nel contorno del mar Caspio, ove formano veri monti ed isole colle loro fangose eruzioni.

Ma la manifestazione più diretta è quella dei terremoti che certamente non altra causa riconoscono se non quella stessa de' vulcani, benchè comunemente si manifestino da essi anche lontanissimi. Se la causa, che risedendo vicina alla superficie è capace di slanciare tanti milioni di metri cubi all'altezza di centinaia di metri sopra la bocca e sollevarla di migliaia di metri dal livello del mare, è collocata a grande profondità sicchè non possa riuscire a sollevare l'enorme cappello che la ricopre, essa potrà però almeno scuoterlo e produrre delle ondulazioni che siano sensibili alla superficie. Nessun terremoto è mai senza qualche dislocazione di terreno più o meno grande, vicina o lontana, e può senza errore paragonarsi all'effetto di una mina. Molte volte la mina scoppia e solleva in alto il suo cappello, lasciando un cono vuoto col vertice in basso: in altri casi si contenta di smuovere la massa senza più: tutto dipende dal rapporto della potenza alla resistenza. Ora non vi è regione di alquanta estensione nel globo che sia affatto immune dai terremoti. Quindi la causa loro è generale. Il mare stesso non è libero, e i famosi *ras de marée*, cioè alcune onde spaventose che accadono in alto mare, scotendo con colpi duri le navi, come se battessero negli scogli, e trasformandosi in furiose innonda-

---

(1) Vedi *La Nature*, N. 211, 16 giugno, pag. 33, an. 5.

zioni quando arrivano al lido, non sono che l'effetto di queste mine sotterranee. All'epoca del famoso terremoto di Lisbona del 1755 l'onda arrivò fino alle coste di America a due riprese. Sulle coste dell'America del Sud spesso si hanno dei sollevamenti del mare istantanei e spaventosi. I rapporti de' contemporanei marinari hanno provato esser quelli prodotti da eruzioni sottomarine.

In diversi casi questi vulcani colle loro eruzioni sono arrivati a formare isole temporanee, come accadde nel 1832 con l'isola Giulia o Ferdinandea contro Sciacca in Sicilia, ove dopo una eruzione di una colonna di acqua e vapore si vide formata un'isola che durò pochi

Fig. 16. Capo Calamita all'Elba.

mesi, venendo dispersa dai flutti del mare, e lasciando un banco subacqueo pericoloso. Lo stesso accadde nel 1811 per l'isola Sabrina in vicinanza delle Azore.

Nè il terreno è solo scosso e smosso sopra i vulcani attivi, ma anche a grandi distanze, producendo dislivelli del suolo più o meno permanenti. Si dice comunemente che innanzi alle eruzioni dei vulcani il mare si ritira, ma ciò non vuol dir altro se non che la terra si solleva. Dopo l'eruzione essa torna al posto, ma talora resta sollevata come per esempio a Pozzuoli, ove un antico edifizio chiamato tempio di Serapide trovasi aver fluttuato a diverse riprese, e calato in fondo

al mare per circa 4 metri, e poi è stato riportato fuori, come si vede dai fori fatti nelle colonne dai molluschi marini detti Foladi. Benchè la regione qui sia vulcanica si vede però che la forza sotterranea agisce non solo al luogo ove è l'emissione diretta delle sostanze, ma anche a grande distanza; e ciò anche dentro ai continenti. Il Boscowich nelle sue escursioni trovò un pastore che l'assicurava che una montagna erasi abbassata, perchè da certo tempo esso vedeva dal luogo ove stava un edificio che non aveva mai veduto in gioventù.

In genere benchè la forza vulcanica sia causa di molti terremoti, pure si osserva che questi cessano quando si producono le eruzioni, onde è che sogliono dirsi *valvole di sicurezza.* Così la grande eruzione del Vesuvio che distrusse Pompei fu preceduta da lunghi terremoti, che già l'avevano in parte demolita. Così nelle eruzioni posteriori i terremoti sempre le precedettero. L'eruzione è lo scoppio della caldaia, e le caldaie delle nostre locomotive bene spesso col bollore interno fanno tremare la terra, molto più poi qui dove prima che l'eruzione arrivi a farsi strada fuori deve scoppiar nell'interno sconvolgendo e sollevando le immense masse e gli strati interiori del globo, che sono l'uno dall'altro separati da tante e talora grandi discontinuità.

Tali in breve sono i fenomeni principali dei vulcani a sviluppare i quali non basterebbero molti volumi. Non è poi da credere che questi fenomeni siano solo de' nostri tempi: anche nelle epoche antiche si ebbero vulcani ed eruzioni, solo essi erano prodotti un poco diversi per cause ignote. I famosi basalti che in Scozia, in Francia e in Sicilia formano le fantastiche colonnate di *Fingal*, de' *Giganti*, de' *Ciclopi* non sono che colate di lave. Il raffreddamento lento e uniforme, atteso la molta contrattibilità e poca conducibilità della massa, li ha spezzati in prismi, a base per lo più esagonale, come accade alle nostre lave e alle argille quando si seccano. I geologi hanno riconosciute molte e molte altre formazioni vulcaniche nei depositi di *trapp* sottomarino, e altre rocce, ma di queste parleremo altrove.

I vulcani sottomarini non possono formare stabili coni, e le materie fuse sono tosto alterate al contatto delle acque, quindi altri caratteri. I materiali polverosi sono subito ridotti in strati di natura tufacea: gli altri sono appena riaccessibili.

Ma donde traggono essi tanta potenza? Fu questo un problema assai arduo per gli antichi, i quali al più si limitavano a dire che essi dipendevano dai venti e dai vapori chiusi nel seno della terra; ma donde poi questi vapori prendessero la loro forza nol dissero. Gli studi moderni hanno definitivamente sciolto il problema. Essi hanno mostrato

il progressivo aumento di temperatura che ha luogo dappertutto nell'interno del globo, tanto che a poche centinaia di chilometri di profondità si avrebbe già una fusione generale delle sostanze conosciute. Si fissa comunemente che la temperatura cresce di 1° per 32^{m} di profondità, ma anche estendendo questa cifra a 50^{m}, come si è trovato nel traforo del Cenisio, a 50 chil. di profondità si avrebbero 1008 C. e se anche fosse questo grado a 60 chilometri, non sarebbe essa che un centesimo del raggio terrestre (a 50 chil. si avrebbe 1000° supponendo anche solo 1° per 50^{m} di profondità). Inoltre si è riconosciuta la grande permeabilità del globo intero per l'acqua, la quale si infiltra a tutte le profondità, e tutti conoscono l'immensa potenza che acquista il vapore acqueo per l'elevata temperatura. Non vi è dunque bisogno d'andare a cercare altre cagioni. L'acqua pertanto è l'elemento che al contatto delle calde regioni e de' materiali incandescenti serve di mezzo per la forza alle esplosioni vulcaniche : il fuoco o il calore è quello che gli dà la virtù. Non può esser più dubbio che questa è la vera causa.

Primieramente in tutte le eruzioni si ha gran copia di vapor acqueo che forma le nubi, le colonne a modo di pino, i fumaiuoli, ecc. che durano sulle bocche attive e anche sulle mezze spente. Le lave sono così piene di vapori e di gaz che sono tutte pomicee e scoriose. Questi vapori a modo di fumaiuoli durano anni e anni a svilupparsi finchè cessano solo col totale raffreddamento ed indurimento loro in pietre. Queste lave solidificate hanno un aspetto ruvido e cristallino, e non prendono un bel pulito, e guardate col microscopio sono tutte piene di pori. Se si fondono esse diventano vetro, e con ciò mostrano che perdono quella struttura porosa che aveano all'atto della solidificazione. Ora tutti questi pori son pieni di acqua, e sotto le grandi pressioni a cui sottostanno i vapori devono acquistare tensioni enormi.

Oltre le filtrazioni ordinarie delle acque annidate nella porosità delle rocce, vi sono spesso degli assorbimenti straordinarii cagionati dagli sfaldamenti interni delle cavità prodotte dalle scosse stesse delle masse incandescenti. Così pel Vesuvio è un segno di vicina eruzione il votamento de' pozzi. La copia delle acque che può entrare nel seno dei vulcani per questa via è tanta che alcuni di essi hanno eruttato immense masse fangose, acque torbide, e fino pesci. Non è dunque meraviglia che l'acqua entrando al contatto di masse incandescenti faccia quelle furiose esplosioni, essendo ben noto i danni che può fare in tali circostanze anche una piccola quantità del vapore confinato. Così il Mollet spiega le eruzioncelle periodiche dello Stromboli ammettendo

che di tanto in tanto penetri nel serbatoio delle materie incandescenti un filo d'acqua col meccanismo ben noto delle fontane intermittenti.

Le colonne vulcaniche delle lave rare volte si alzano al di sopra di 1000^m sul livello del mare, perchè allora sfiancano piuttosto le pareti: ora dando alla lava stessa un peso specifico di 2,5, l'acqua distillata da pressione di una atmosfera ordinaria ($0^m,76$ di mercurio) sarebbe bilanciata da una colonna di lava alta 4 metri e la colonna suddetta di 1000 metri eserciterebbe una pressione di 250 atmosfere. Ora è positivo che sulla cima dell'Etna ha sgorgato talora la lava a 3300 metri, quindi qual meraviglia che queste pressioni possano sfiancare la parete della montagna poichè sale a 832 atmosfere? Ma la pressione è ben lungi dal non potersi esercitare dal vapore, perchè a 1000^o (temperatura minima delle lave scorrenti) la sua tensione sarebbe di 7940 atmosfere! che è quanto dire che essa potrebbe bilanciare e sollevare una colonna di lava alta 31 chilometri. A tale pressione il vapore è in uno stato di transizione, tra lo stato liquido e il gasoso e per piccole variazioni di pressione esplode potentemente; quindi si capisce come anche le variazioni della pressione atmosferica ordinaria possano determinare talora delle esplosioni più forti e potenti come si verifica spesso a Stromboli. Inoltre è facile capacitarsi come possano aversi tali fenomeni in sì ampia scala, che è ben lungi dall'esser fuori di proporzione coi mezzi della natura, poichè artificialmente possiamo arrivare al medesimo grado di forze e anche a maggiore se non in vastità di materia e di volume, almeno nell'intensità assoluta.

Ma l'acqua in queste operazioni condotte a sì alta temperatura fa ancora un altro uffizio.

Se i materiali che formano le lave si mettono al fuoco ne' nostri crogiuoli e si fondono, non si ottiene più lava, ma una specie di smalto o di vetro. Questo risultato rese impossibile all'arte l'imitazione dei fenomeni vulcanici per via puramente secca. Ma il signor Daubrée avendo a questi materiali mescolato acqua, e protetti i recipienti, esposti al fuoco, con forti inviluppi per evitarne le rotture e le esplosioni, egli riuscì ad aver tutt'altri prodotti. Le cristallizzazioni delle materie silicee si fecero manifeste come nelle lave e nelle altre rocce ignee, talchè non restò dubbio che la natura delle lave che ordinariamente sono più o meno cristalline dipendeva dalla presenza di questo elemento, nè deve fare meraviglia che l'acqua possa mescolarsi a sostanze che ordinariamente le sono insolubili perchè sotto quelle elevate temperature, e sotto quelle enormi pressioni l'acqua acquista anche

una forza chimica dissolvente ben più efficace che alla temperatura ordinaria; quindi, per esempio, le acque che depongono silice come nei Geysers, sciolgono il quarzo e il felspato, quindi le numerose cristallizzazioni che depongono le lave nelle loro cavità al momento del raffreddamento, e anche senza una soluzione chimica l'acqua unita alle sostanze meccanicamente dà loro una mobilità e una libertà onde esse possono disporsi secondo che richiede la loro attrazione molecolare. Così vediamo i carbonati calcari, che pure sono depositi di natura stratificata, trasformandosi in cristalli nell'interno de' coni stalattitici e stalagmitici per la sola mobilità che lascia alle molecole l'umidità della roccia.

Se le acque che vengono al contatto delle lave incandescenti sono marine, essendo esse cariche di sale, daranno prodotti di cloro, di sali ammoniacali e magnesiani, di altri sali e ossidi metallici che stanno sciolti in quelle acque ma modificati e decomposti dal calore. Le materie poi che formano le pareti delle montagne nel cui seno sono tali camini, saranno decomposte e disgregate, quindi il solfato di calce darà fuori il zolfo, il carbonato di calce, l'acido carbonico, e queste sostanze uscendo allo stato gasoso accompagneranno anche le eruzioni del vapore. Anzi l'acqua stessa potrà esser decomposta, e mentre il suo ossigeno sarà adoperato a ossidare e sopraossidare molte sostanze metalliche, l'idrogene potrà esser messo in libertà, e puro, o combinato col carbonio dare origine alle vere fiamme che si osservano in molte eruzioni, e nei terreni ardenti anche senza supporre che vengano da materie organiche decomposte. Queste materie però, se siano animali, potranno dare origine ai composti ammoniacali producendo da esse l'azoto.

Considerando pertanto un vulcano noi dobbiamo ravvisarvi non solamente un apparato generatore di forza meccanica, ma ancora un laboratorio di operazioni chimiche, eseguite soltanto in condizioni di temperatura, pressione e vastità di moli diverse da quelle che possiamo ottenere nei nostri. Risulta pertanto da ciò che nelle operazioni analoghe che ravviseremo nella natura, dovremo tener conto di queste circostanze che serviranno come chiave alla spiegazione di molti fenomeni assai oscuri.

Disgraziatamente non è facile studiare da vicino questi laboratorii della natura. L'accesso de' crateri è generalmente difficile, e pieno di pericoli. Il calore è intollerabile, i fumi solforosi e talora arsenicali e venefici che esalano i fumaiuoli sono tali che mettono ad ogni momento la vita del curioso in pericolo. La sola attraversata anche ra-

pida di essi basta a togliere la vita per asfissia. Lo Spallanzani ebbe ad esserne vittima per un improvviso voltare di vento che gli girò contro il fumo di uno spiraglio. Ma se anche si potessero studiar da vicino, mancherebbe sempre l'elemento della pressione alla quale si compiono quelle combinazioni.

In due modi pertanto i vulcani contribuiscono a riparare i continenti: 1° coll'accumulamento meccanico delle materie lanciate dal loro seno; 2° col sollevamento meccanico dei terreni che li circondano. Benchè i monti vulcanici siano fatti col primo mezzo principalmente, pure non è da trascurarsi il secondo, il quale come vedremo opera in vasta scala anche in regioni da essi lontanissime, benchè con minore fracasso.

La generalità del vulcanismo, la non interrotta catena de' recipienti vulcanici e degli effetti analoghi e di medesimo genere ha persuaso i geologi che la sede di questi fenomeni non è locale o particolare, ma è generale, che tutti sono spiragli per cui l'interna massa terrestre fusa comunica all'esterno, e sono indizio e prova di questo stato interno di materiali ad elevata temperatura che racchiude il globo nelle sue viscere. L'alternativa tra le eruzioni, ora dall'un centro ora dall'altro, è un'altra prova che tutti hanno origine comune. Soltanto è da osservare che questa massa incandescente non è, nè può essere un fluido libero come un liquido puro, ma deve esser materia sommamente vischiosa e in uno stato pastoso fino ad enormi profondità tanto per la pressione ed ineguale distribuzione delle temperature, quanto per la sua natura chimica complessa.

Ci mancano poi assolutamente i dati per decidere se questa massa liquida sia unica e livellata, ovvero se sia spartita in più centri o masse separate da irregolari separazioni, e benchè ciò siasi molto disputato, pure è probabile che non si arriverà mai a sapere con certezza. Lo studio dei terremoti è entrato in questi ultimi anni in una fase novella mediante lo studio di fenomeni dei terremoti microscopici. Da questa si aspetta la risposta della corrispondenza delle stazioni lontane che potranno dar luce alla soluzione del problema.

Il lavoro di questa fase interna bene studiata ci servirà di chiave alla spiegazione della costruzione del nostro globo che noi adesso dobbiamo passare a studiare.

LEZIONE VII.

I terreni sedimentarii — Principii generali di Geologia stratigrafica.

La varietà e bellezza inenarrabile della natura spicca specialmente nelle montagne; ivi sono prodigate tutte quelle attrattive che sollevar possono e distrarre l'animo più afflitto e sconsolato. Gli svariati colpi di vista che cambiano scena ad ogni voltata, spandono un nuovo orizzonte ad ogni salita, svolgono agli sguardi del viaggiatore le più vaghe distrazioni. I vasti orizzonti che vi si presentano dalle alte vette fan dimenticare le fatiche delle montate, e innalzano il pensiero alla immensità del creato. Anche colà nelle profonde gole dove appena la vista si trova limitata da un cielo angusto, quale maestà non si volge nelle rupi tagliate a picco che sembrano chiudervi sul capo il cielo, e gli orrori stessi de' più cupi burroni, detti sacri non senza perchè, qual senso non infondono di emozione in un animo dotato di sentimento? Aggiungete le cadute de' fiumi, il rumoreggiar de' torrenti, lo scorrere dei ruscelli, meraviglie comuni, che pur tanto destano l'estro de' poeti.

Ma tra le meraviglie delle montagne una ve n'è che solo la scienza può apprezzare a dovere, cioè la loro stessa struttura. In questa è scritta la storia del globo, in quegli strati come in tanti fogli è conservato l'archivio di ciò che fu, e come in tanti volumi si contiene la fauna e la flora che popolò il mondo prima che l'uomo vergasse una carta. Se l'Astronomia ci apre le meraviglie dello spazio colla grandezza delle moli, e l'immensità delle distanze nella creazione, le montagne ce ne mostrano l'immensità nel tempo e ne allontanano la origine alla soglia di quella eternità in cui l'autore della natura era *cuncta componens*. La terra compie le sue rivoluzioni attorno al sole, ma essa non lascia traccia del suo cammino. Il luogo ove fu resta vacuo, e solo una finzione geometrica ne traccia la linea nel vuoto. Altra è la bisogna nelle montagne. Ivi la terra ha la sua storia, ivi la vita lasciò vestigie delle età che furono e delle vicende che essa attraversò.

Il loro studio è perciò di immensa importanza e vastità: anzi di troppa vastità perchè mai possa esser dall'uomo adeguatamente compreso: dall'uomo che guarda e passa ed ecco che più non è. Noi non vogliamo nè possiamo qui entrare a trattare di proposito della strut-

tura del globo, studio che costituisce la scienza geologica, ma per soddisfare al nostro programma ci è indispensabile levare da questa vastissima scienza qualche notizia a nostro uso. Ciò faremo servendoci per guida dell'opera de' più illustri geologi e specialmente del nostro Stoppani, rimandando chi vuole di più all'insigne sua opera del *Corso di Geologia* in 3 volumi.

Parlando de' fiumi abbiam veduto come essi formino i banchi subacquei e gli strati di deposito in seno ai mari. Poscia abbiam veduto come le forze ignee interne della terra sollevando le masse, formano le montagne vulcaniche i cui criterii ed aspetti abbiamo imparato a conoscere. Ivi ceneri, lapilli e lave più o meno ammonticchiate, impastate ed intrigate in disordine formano le loro moli. Ma la massima parte delle montagne non è di tal fatta; se le vulcaniche si ergono a coni,

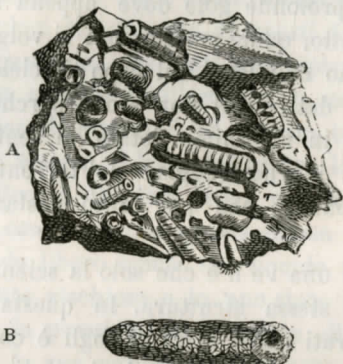



Fig. 17. Gastrochaena obtusa. Stopp.
A. Gruppo d'individui — B. Tubo isolato.

Fig. 18. Griphaea arcuata. Lk.

a gruppi, a picchi isolati, a crateri, le comuni montagne presentano invece tutt'altro aspetto. Lungi da esse le rocce bruciate e i crateri che le vomitarono, le loro forme sono invece distese in catene allineate, solcate da lunghe valli, formate di materie disposte a letti, o strati, o banchi regolari e paralleli di sostanze generalmente disgregabili dal fuoco e da esso alterabili, che mostrano una origine tutta diversa.

Noi riscontriamo in que' banchi il lavoro che abbiamo veduto farsi dai fiumi, cioè i depositi in seno alle acque de' detriti tolti ai continenti, e che portati in fondo ai mari si depongono in forma di letti di sabbie, di fanghi che col tempo sono induriti dalla pressione, e cementati dalle filtrazioni delle acque calcaree.

In moltissime di esse un fenomeno singolare si manifesta, cioè la presenza di avanzi organici, come nicchi di conchiglie, avanzi di pesci, di coralli, di encriniti (Fig. 17, 18), non che ossa di ani-

mali curiosi, talora colossali e ben diversi dai presentemente viventi (Figg. 19 e 20). Nulla di ciò nei vulcanici.

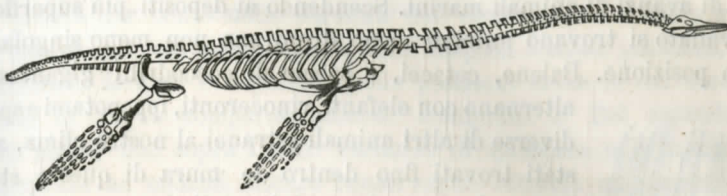



Fig. 19. Plesiosaurus ristaurato.

Il fatto della presenza di avanzi animali di natura pelagica e specialmente conchiglie sulla cima delle montagne fu notato, con sorpresa, dai tempi più remoti. Ne parla Erodoto e accenna alla presenza di

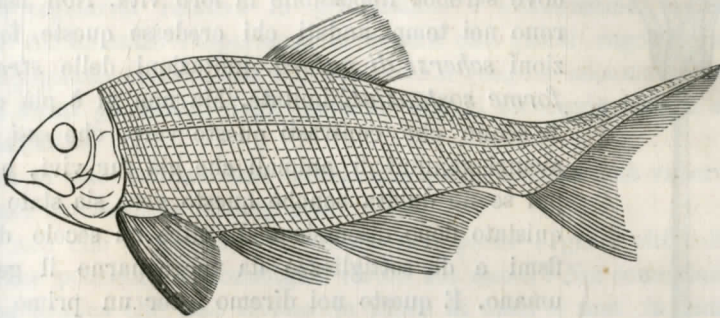



Fig. 20. Un Amblyterus ristorato.

pesci e conchiglie sui monti dell'Egitto. I Pitagorici stessi ne avevano fatto un dogma sulla variabilità delle cose, che là ove ora è monte un dì fosse mare (Ovid., *Met.*, XV). Famoso è nel veronese il monte Bolca tutto formato di tali avanzi. Le pietre stesse di ornamento o marmi, come il giallo di Verona, le lumachelle, il rosso di Sicilia e mille altre sono impasti di tali animali, e il nostro Monte Mario sulla sua vetta più alta è un vero museo di conchiglie marine, molte delle quali sono reperibili viventi nei mari nostri; ma molte ancora non vi si trovano più.

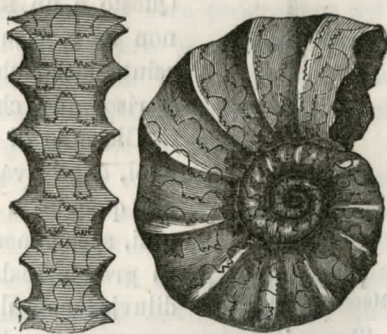



Fig. 21. Ceratites nodosus (Muschelkalk).

Questi avanzi marini si rinvengono dappertutto e a tutte le altezze. Se ne trovano nell'Asia a 6000 metri, in Europa sui Pirenei e le Alpi

a 3000 metri, nell'Oceania, nell'America; dappertutto ove un poco di ricerche furono fatte le rocce stratificate si sono più o meno trovate ricche di avanzi di animali marini. Scendendo ai depositi più superficiali delle vallate si trovano animali meno strani, ma non meno singolare è la loro posizione. Balene, cetacei, e specie di coccodrilli giganteschi, alternano con elefanti, rinoceronti, ippopotami e specie diverse di altri animali estranei al nostro clima, sono stati trovati fino dentro le mura di questa stessa Roma, in terreni vergini e tali da non confondersi cogli avanzi degli anfiteatri romani.

È dunque un fatto che esseri diversi lasciarono le loro spoglie colà ove ora non vivono più; anzi dove sarebbe impossibile la loro vita. Non mancarono nei tempi andati chi credesse queste formazioni *scherzi di natura*, imitazioni delle *streghe*, *forme sostanziali* imitate. Ma non vi è più uomo di senno che contrasti questo vero, che essi sono avanzi genuini di animali che già fur vivi, e non più se ne dubita benchè questo vero sia stato conquistato dopo discussione di oltre un secolo di sofismi e di sottigliezze da vergognarne il genere umano. E questo noi diremo esser un primo fatto ben accertato.

Una seconda verità non meno sicura si è che questi animali vissero colà dove lasciarono le spoglie. Questo è un fatto men patente del precedente, ma non meno sicuro. Finchè in pochi siti erano conosciute le conchiglie potè un Voltaire, senza eccitare il riso, dire che esse erano avanzi di pellegrini di S. Giacomo di Gallizia che le avevano lasciate sulle Alpi, o gli avanzi di gabinetti zoologici abbandonati. Ma quando la generalità della presenza degli organici, specialmente marini, fu riconosciuta aver luogo in grande scala, si cercò di crederlo un effetto del diluvio, cioè di quel grande cataclisma di cui parla il libro più sacro e venerando che abbiamo e di cui resta la tradizione in tutte le vecchie nazioni (1). Esistè fino adesso nel Museo Kircheriano di Roma un pesce fossile inviato dalla Boemia al Papa Clemente VII, qual una prova palpabile della verità del diluvio noetico.

Fig. 22. Apiocrinus Murchisonianus. D'Orb.

(1) Se ne è trovata una minuta descrizione nelle tavolette cuneiformi di Ninive.

Ma benchè qualche cosa potesse fare questo cataclisma e gittare qua e colà molti animali marini e sepellire specialmente i terrestri, esso non poteva dar conto delle seguenti due circostanze: 1° Della regolarità somma con cui questi avanzi sono disposti a strati paralleli, tranquillamente formati e depositati nelle posizioni stesse in cui vivono gli animali in acque comparativamente tranquille. 2° Del succedersi di questi strati, uno sopra l'altro variando di spessezza e di natura fino ad arrivare ad enormi altezze conservando tuttavia un *costante parallelismo.* Una inondazione di breve periodo sconvolge la superficie, non penetra negli abissi delle masse solide: sparpaglia o accumula irregolarmente le masse, non le dispone a strati regolari, talora finissimi, in ordini successivi di alcune specie dopo le altre con una costante regolarità relativa in diversissime e lontanissime regioni del globo. All'incontro l'esperienza ci mostra che questi regolari depositi accompagnano attualmente i littorali ove si vengono accumulando strati sovra strati gli avanzi degli animali marini formando banchi e letti regolarissimi.

Non vi può dunque esser dubbio che quegli animali colà vissero dove ora noi troviamo le loro spoglie.

Se non che a questa tesi ostano non poche e gravi difficoltà. — 1° Come potevano le conchiglie vivere sui monti? Noi conosciamo per troppa pratica che esse vivono in fondo ai mari e non in cima alle montagne. 2° Come nei nostri climi ammettere specie tropicali di animali e di piante quali incontransi perfino nelle regioni non solo dell'Italia settentrionale (Bolca, Vicentino) ma anche presso al polo?

La soluzione di queste difficoltà costituisce un vero programma della scienza e noi le dobbiamo svolgere a poco a poco e gradatamente.

La prima difficoltà fu sciolta da Leonardo da Vinci, che voi conoscete come pittore, ma che era filosofo, fisico, matematico sublime più che a' tempi suoi non conveniva, e perciò non fu capito.

Una delle due cose disse il Vinci: o il mare fu lassù, o quelle terre furono laggiù sotto di esso. Se il mare fu lassù la massa delle acque doveva esser enorme: doveva inviluppare la terra ad una altezza di 3 o 4 o 6 mila metri più di adesso, cioè esser di un volume maggiore del triplo dell'Oceano attuale. Ora queste acque dove andarono? quali grotte le hanno alloggiate, dove evaporarono? nessun responso può darsi a tali quesiti. La quantità di acque che formano i mari è definita: quella che può stare nell'aria in istato di vapore è pur misurata: le grotte sterminate piene di acqua nell'interno della terra sono sogni. L'altezza de' mari fu adunque entro limite ristrettissimo poco più poco

meno quale è al presente: cioè poco più poco meno del volume attuale furono sempre le sue acque. Ora queste come poterono coprir quelle cime, se quelle cime non erano più basse di adesso, se non erano, in una parola al disotto del mare?

Le cime di quelle montagne son dunque fondi di mare colassù portate da cause che devono studiarsi, ma il mare non fu mai a quelle altezze smisurate.

Se non che contro questa conclusione milita un'obbiezione dell'ordine medesimo che si opponeva al moto della terra attorno al sole. Il testimonio della quotidiana sperienza ci insegna che il mare è mobile per eccellenza, la terra invece *ferma* per antonomasia. Or qui bisognerebbe ammettere il contrario.

È vero: ma il senso bene spesso inganna, e bisogna che sottentri la scienza. Se il mare è mobile nelle onde, il suo livello medio invece è costantissimo. Le costruzioni umane più antiche sono là a testimoniare che per secoli e secoli in un numero sterminato di punti esso si conserva costante. I lidi, i porti degli antichi nella massima parte sono al luogo ove li fondarono gli Egizi, gli Etruschi, i Romani. Solo pochissimi punti fanno eccezione. Or bene questi punti mostrano che è appunto la terra che cambia, e non il mare.

Così p. es. nella Svezia il terreno si abbassa di circa un piede in 100 anni, si abbassa pure nella Groenlandia. Al Perù invece si alza molto di più, e nel contorno di Napoli la terra si è alzata ed abbassata periodicamente. Il tempio di Serapide a Pozzuoli è un testimonio senza eccezione. Questo tempio costruito dagli antichi romani ad altezza certamente conveniente sul livello del mare, si andò piano piano sprofondando in modo che le colonne del suo portico scesero verticalmente a 4 metri sotto il livello del mare, tanto che essendo esse calcaree i molluschi marini detti foladi o litofagi perchè bucano le roccie calcaree per annidarvisi, le sforacchiarono in ampia zona e vi scavarono le loro grotticelle. Ma tale posizione non fu permanente: il suolo si rialzò e ora il pavimento del tempio non è più che mezzo metro sott'acqua, e forse emergerà del tutto tra non poco, e le tracce de' molluschi sono alte sopra il mare.

Questi movimenti non sorprendono alcuno quando accadono in un suolo vulcanico, ma non sono le oscillazioni del suolo a questi soli terreni limitate. Il monte Pellegrino presso Palermo è seminato di tanto in tanto in altezza da linee orizzontali di fori delle foladi dal mare fino alla sua cima di 300 metri. Esso dunque venne alzandosi di tratto in tratto di sotto l'acqua fino ad arrivare all'altezza presente,

e il moto ancora continua benchè lentissimo. Lo stesso accade in altri siti colà intorno come alla grotta di S. Ciro. A Ravenna invece la costa si abbassa e il pavimento della cattedrale di Teodorico è sotto al livello del mare. Onde si vede che mentre in una parte la terra si eleva, nell'altra si sommerge, e ciò che resta costante è solo il pelo medio del mare. Simili fatti si verificano in moltissimi punti. Le forze interne della terra che sono sì efficaci nei terreni vulcanici, non lo sono meno negli altri distretti, e tutta la superficie del globo è dappertutto in continuo movimento più o meno sensibile. Se mancassero prove quotidiane basterebbero a provarlo gli studii microsismici del P. M. S. De Rossi. Ma una prova diretta de' moti della crosta terrestre si ha dalla posizione degli strati. Questi sono spesso verticali o grandemente inclinati e non solamente quando sono di fanghi, ma anche quando sono di ciottoli e di breccie come nelle Alpi trovò Sausurre. Ora questi non si possono deporre che *orizzontalmente,* se ora sono verticali ciò si deve ad altre cause e forze posteriori che le sollevarono.

Ora una alzata maggiore o minore non dipende che da accidentalità di circostanze, la sostanza è la stessa, il tempo supplisce al resto colla durata de' secoli. Quelle cime adunque de' monti furono un dì fondo di mare, come lo diceva il Vinci, e da quegli abissi furono colà sollevate mutando certamente la faccia del globo, e facendo che ivi *divenisse terra ove era mare e che fosse mare ove era solidissima terra,* come cantò a suo tempo il poeta (Ovidio, *Met. XV*). Certi filosofi antichi dissero che la terra galleggiava sull'acqua : se per acqua intendevano il liquido de' mari era un assurdo, ma se intendevano una massa liquida o lava a grande profondità in fusione, avevano ragione, e per far loro onore crederemo così. I moti della crosta terrestre giustificano la loro opinione.

Le montagne ora mostrano i lor fianchi nudati e scoscesi e non più vestite delle parti mobili che le coprirono sott'acqua. Questo è effetto del lavoro delle meteore che già studiammo (V. Lez. IV) e che le ha denudate di tutta la parte mobile non solo ma anche della rocciosa in proporzione della maggiore o minor resistenza, e vedemmo che a queste lente azioni nulla resiste.

Ma le montagne così sollevate dal fondo de' mari contengono tante e sì varie specie di spoglie che nacque ben presto la curiosità di compararle colle viventi. Con grande sorpresa si trovò che mentre in alcune regioni esse erano o in tutto o in gran parte simili a quelle viventi ne' mari vicini, in altri invece si trovarono affatto diverse. Tali sono certi pesci corazzati di grosse celate, detti *cefalaspidi* (Fig. 23).

Tali le punte che trovansi aver armato certuni come le belemniti (Fig. 24), tali certi rocchi calcarei che entravano nella struttura di altri natanti

Fig. 23. Cephalaspis Lyellii.

(Fig. 25). Le specie perdute crebbero col crescere delle ricerche, così tra i prodotti marini gli ammoniti che popolano i marmi di Verona e di Sicilia e i monti Corniculari vicini a Roma non si sono trovati viventi finora in nessun mare e dobbiamo solo ad una specie affine che sopravvive a quella remotissima generazione, il Nautilus (Fig. 26) il poter capire che cosa siano que' fossili capricciosi detti ammoniti (Fig. 27), le cui dimensioni variano da pochi millimetri a quelle di ruote da carri. Più coralli ed encriniti e crostacei che ora solo prosperano ne' mari tropicali, si trovavano copiosi nelle rocce dell'In-

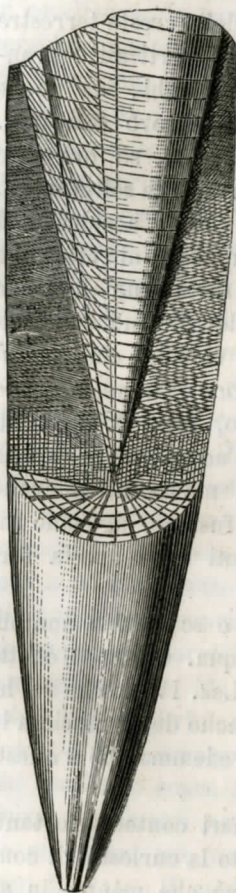



Fig. 24. Belemnites quinque sulcatus. Blain.

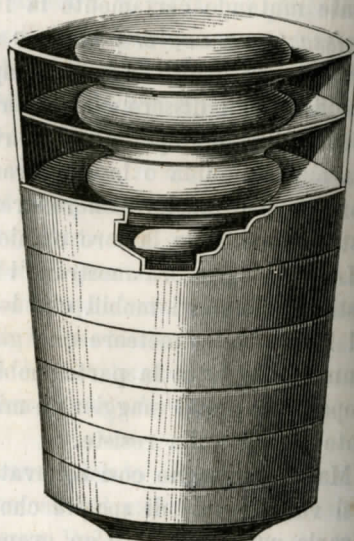



Fig. 25. Actinoceras Bigsbyi. Bronn.

ghilterra, della Svezia e Norvegia, mostrando altri climi.

Conchiglie ora viventi nel Mar Glaciale, si trovarono nelle colline

della Sicilia presso Messina. Gli animali terrestri ci si presentano sotto l'aspetto di enormi batraciani (ranocchi) che hanno lasciato le loro impronte ne' fanghi, di rettili di 10 metri, di colossali quadrupedi di 6 a 8 metri di estensione differenti dai presenti come i megaterii e i

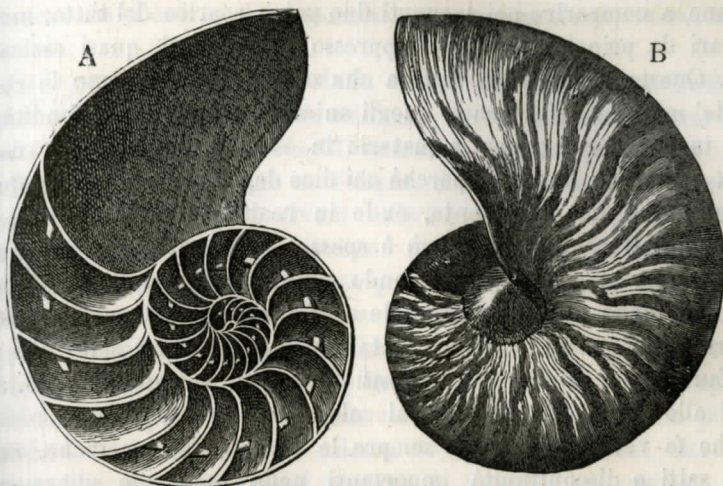



Fig. 26. Nautilus Pompilius (vivente).
A. Interno della conchiglia. — B. Esterno.

paleoterii, ecc. trovati a Parigi e nei pampas d'America. Or questi fatti hanno un'importanza immensa, e sono di lor natura capaci a narrarci la storia del globo. Infatti ogni vivente è soggetto a certe condizioni climateriche necessarie per la sua esistenza, mancate le quali infallibilmente perisce, e il caldo e il freddo e la pressione influiscono sul loro organismo in una maniera la più decisiva. Un corallo o un mollusco che non può vivere che in clima caldo o in acqua salsa e profonda, o in fondo roccioso e superficiale vi dice colla sua presenza che non solo quel terreno fu fondo di mare, ma vi dice che quel mare fu caldo o freddo; profondo o superficiale, chiaro o torbido. E se noi

Fig. 27. Ammonites Jason Zieten.

conoscessimo realmente le condizioni della vita degli animali tutti, le cui spoglie troviamo, esse sarebbero il nostro scandaglio, il nostro termometro per la qualità di que' mari. La scienza è lungi dal saper questo, ma tende ad arrivarvi.

Ma un'altra cosa ancor più sorprendente si trova, ed è che negli strati diversi di uno stesso monte o di uno stesso deposito, le faune (ossia gli animali) variano progressivamente, e in generale da una classe si passa ad un'altra, spesso per gradi, sì che quelli di uno strato seguitano a comparire nei seguenti fino poi a sparire del tutto, mentre altri rari da principio si fanno appresso i dominanti quasi esclusivamente. Questo nuovo fatto mostra che col tempo mutarono le condizioni de' mari in cui viveano quegli animali, sia per la profondità, sia per la temperatura, o per le materie in esse carreggiate. Per conseguenza variarono le terre: perchè chi dice deposito marino dice fiume, chi dice fiume dice continente, onde in realtà questi sono tutti sintomi di mutati continenti. E ciò è spesso confermato dalla natura dei sedimenti che in genere va variando colle specie, perchè in un mare fangoso al fondo non prosperano le specie che esigono acque chiare e viceversa. Ma queste successioni talora si fanno per salto non solo nelle faune, ma anche nei depositi materiali, variandosi p. es. : dai graniti alle argille e da queste ai calcari.

Il che fa vedere che non sempre le crisi furono pacifiche, ma vi ebbero salti e discontinuità importanti nelle terre che allora erano emerse e di cui ora non abbiamo vestigio. Nel caso di queste crisi rapide successive i sedimenti non sono più stratificati parallelamente e in concordanza, essi sono *discordanti*. Così p. es.: sotto una serie di strati orizzontali di sabbie gialle troveremo strati di marna inclinati con una netta linea di separazione che divide le testate loro dagli strati superiori e sotto le marne dei calcari compatti in diversa inclinazione.

Questo mostra che le generazioni che si succedettero patirono molte e violente crisi, e che a un mare fangoso successe uno arenoso e viceversa con mille altre conseguenze ben facili a trarsi da questi fatti fondamentali.

Apparisce pertanto da questo fatto generale che non solo la terra, cioè l'aspetto generale del globo in quanto consta di solida superficie e di liquido mare fu altra volta diversa da quella che è oggidì, e che ora è terra ove già fu mare, e sarà stato terra ove ora è mare, ma che queste variazioni furono molteplici.

Inoltre in più siti oltre li sedimenti animali abbiamo sedimenti vegetali, che si trovano sepolti sotto strati marini successivi. Tali sono gli immensi depositi di carbon fossile che sono certamente un prodotto di vegetali perchè trovansi spesso i sedimenti superiori traversati dai tronchi di alberi e gli inferiori dalle loro radici. Talchè apparisce che

mare e terra spesso si cambiarono i loro posti, e con essi la natura vivente mutò specie di piante e di animali a varie epoche successive.

Stabilito pertanto così il principio di varie mutazioni e gli scambii nella superficie del globo, ne segue la speranza di poterne tracciare la storia, cioè l'ordine di successione. Impresa ardita davvero, ma non temeraria.

Infatti prescindiamo adesso dalla vastità del problema e limitiamoci ad una determinata regione, esaminiamo, p. es., il nostro Monte Mario. Ivi alla superficie troviamo lapilli vulcanici e scorie stratificate, indizio che quelle vette furono già sott'acqua, ma non vediamo in esse tracce di fossili che non possono vivere nelle torbide acque agitate dalle eruzioni vulcaniche. Più sotto troviamo invece sabbie gialle, ricchissime di spoglie marine, dove una gran parte sono le stesse conchiglie viventi nel Mar Tirreno presente, e altre nei mari lontani, poche sono di specie perdute. Sotto queste sabbie gialle vi sono delle roccie brune ricche in sabbia ed argilla, dette *marne* dai geologi, ove le specie di conchiglie sono più rare e diverse da quelle delle sabbie. Se più sotto discendessimo, troveremmo il calcare de' monti appennini, ma da noi bisognerebbe andare e grandi profondità. Ora chi può negare che le marne sono posteriori in deposizioni ai calcari, e anteriori alle sabbie gialle; e similmente che le sabbie sono posteriori alle marne e anteriori ai depositi vulcanici? Eccovi pertanto un principio evidente che serve a caratterizzare la successione delle formazioni: cioè che la superiore nella stessa località è posteriore a quella su cui riposa immediatamente. Notate bene che io dico *su cui riposa immediatamente*, cioè nello stesso luogo, perchè qui non trattasi di un'altezza qualunque, ma di altezza relativa: così p. es.: i calcari considerati in luoghi diversi, come nei nostri appennini sono più alti che le sabbie e le marne che sono nelle loro vallate, ma ciò non toglie che essi calcari siano anteriori ad ambedue, perchè i calcari lontani si prolungano sotto le marne, e qui è dove bisogna considerarli, cioè sulla stessa verticale, non lassù dove essi sono scoperti. Questa sovrapposizione qui da noi non si vede, ma per rintracciarla non si ha da far altro che andare alle regioni ove le sabbie e le marne finiscono verso l'Appennino e là vedremo le calcari passar sotto e le marne restar sopra; e sopra queste le sabbie. Esempio il Soratte. La ragione di questo fatto dipende dal modo di formazione di questi depositi che è quello de' sedimenti in fondo al mare. Colà ove un'isola era emersa non si depositò su di essa la materia marina, ma solo alla sua base sotto mare. Quindi il terreno più *antico* è più *alto* alla sommità del monte, ma è ricoperto dal più

moderno in basso. Può esser anche che in qualche sito manchi il terreno intermedio e p. es.: manchino le marne, e le sabbie si vedano direttamente riposare sui calcari; ciò non distrugge l'altezza relativa, ma impareremo in un altro sito a supplire la lista successiva delle formazioni mancanti, da quelle che vediamo complete in un luogo qualunque.

Se non che questo principio per sè evidente e sempre vero ne' terreni moderni e superficiali, può presentare delle difficoltà nei terreni più antichi ed ecco quale.

Vi diceva poco fa che le forze interne della terra hanno sollevato questi terreni dal fondo del mare. Ora tal sollevamento non è accaduto senza gravi sconcerti degli strati stessi. Gli strati moderni sono quasi tutti orizzontali, o di poco inclinati, ma gli strati che sono più antichi e trovansi più profondi sono ben altro che così tranquilli. In molti siti essi sono curvati a serpe come i fogli di un libro compressi violentemente (Fig. 28). Ora per tale operazione una porzione di strati che era orizzontale diventar può verticale (Fig. 29), e se si faccia essa in istrati già dislocati da sollevamenti precedenti e divenuti quasi verticali, per essa noi avremo anche un completo rovesciamento a modo di C., talchè quelli che erano superiori potranno diventar inferiori; come nella apposta Fig. 30.

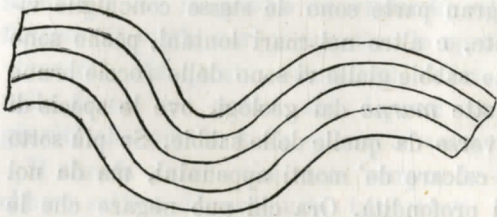
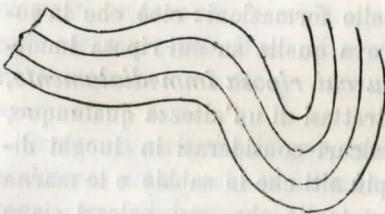



Fig. 28.

Fig. 29.

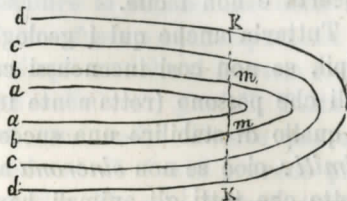
Resteremo adunque, all'incontrare uno strato, in dubbio se esso è dritto o rovesciato? Non già: questi rovesciamenti completi sono rarissimi, e il disordine delle roccie nelle vicinanze ce ne avvisa ordinariamente. Qualche raro caso soltanto può avvenire colà ove le acque colla loro erosione avessero portato via la cerniera di ripiegatura *k m m k* come nella figura soprapradetta: ma in questi dovrebbe ricorrersi ad altri luoghi di terreni paralleli e consimili per risolvere la questione e ciò non si manca di fare dai geologi, che con lunghi e minuti confronti paragonano le regioni diverse per conoscerne i terreni relativi. In molti siti gli strati formano una specie di ventaglio (Fig. 31); questo aspetto è

più complicato e mostra potenze enormi che prima abbassarono gli strati dalle posizioni orizzontali tanto lentamente che poterono depositarsi sopra esse molti strati in piano inclinati poi furono sollevati rapidamente al posto in cui li vediamo. Troppe sono le forme svariate di queste mosse per qui descriverle, ma è certo che siccomè i depositi non si possono fare che in piani orizzontali, così ogni deviazione da questa posizione suppone una forza superiore che li disturbò.

Abbiamo adunque delle successioni di strati e degli spostamenti bizzarri dai quali la ideale semplicità de' depositi resta molto complicata.

Fig. 30.

Aggiungete a ciò che le pile degli strati non si trovano tutte in un sito solo così regolarmente ordinate da poter salire da uno scalino all'altro con pari facilità dappertutto. Imperocchè mancano spesso in un sito determinato molti fogli di questo gran libro che conta un'altezza di oltre 50 chilometri, e questa deficienza ci viene a complicare il disordine prodotto dai cataclismi terrestri; talchè l'opera del riordinamento sembra disperata. Ma colla pazienza tutto si farà, se non in un fiato almeno a poco a poco.

Fig. 31.

Primieramente le roccie possono essere mancanti perchè sono state abrase dall'azione degli agenti denudanti, come nella Fig. 32, in cui le curve superiori A, B, sono tutte state erose e portate via dalle acque, allora le roccie mancanti in un sito si possono supplire con quelle che trovansi in un altro. e per ciò che riguarda l'ordine di successione esso non sarà da ciò alterato. In altri siti le lacune saranno reali e mostreranno solo che certi depositi furono sospesi nel tempo che riguarda certe formazioni mancanti in quel determinato sito. Infatti una regione A potè essere emersa in un epoca in cui si depose un terreno B, e perciò sarà di esso mancante, ma riabbassatosi appresso avrà ricevuto i depositi del terreno C, onde avremo successivamente A C senza B: ma dai luoghi analoghi sarà facile sup-

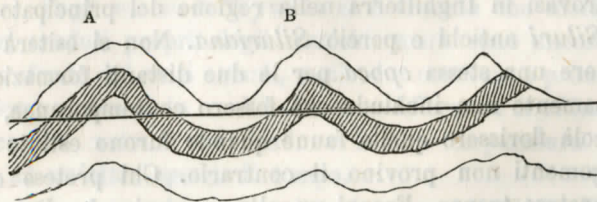



Fig. 32.

plirlo. Ma anche questo supplemento mancherà forse del tutto colà ove i terreni sono separati da vasti mari che interrompono la formazione solida della terra come tra i due continenti il Vecchio e il Nuovo. Possiamo comparare il lavoro del Geologo a quello di uno che abbia un codice stracciato da ricomporre. I numeri delle pagine lo aiutano d'ordinario, ma mancando questi non resta che il senso dello scritto per regolarsi; e se sianvi ripetizioni o salti, l'operà diverrà incerta e non facile.

Tuttavia anche qui i geologi non si scoraggirono, e fondarono principii, se non così inconcussi come i precedenti, almeno plausibili, e tali che possono (rettamente interpretati) contribuire al loro scopo che è quello di stabilire una successione comparativa da *circostanze consimili:* cioè se non *sincrona* almeno *isocrona.* Spieghiamoci. Abbiamo detto che tutti gli animali hanno certi limiti di esistenza secondo il clima e le altre condizioni della vita. Ne segue che dovunque troviamo gli stessi animali le condizioni della vita doveano esser poco dissimili. Potrebbe esser che queste fossero anche contemporanee, ma ciò non è logicamente discendente dall'enunziato principio: ma non è andar lungi dal rigoroso ragionamento il concludere che faune eguali richiedono condizioni eguali di temperatura, di profondità, di nutrimento, di pressione. Se ne concluse pertanto di attribuire alla medesima *epoca* geologica le formazioni che contengono avanzi di animali identici in genere almeno, se non pure nelle specie.

Fu quindi ricevuto come massima che avanzi organici identici fissavano epoche relativamente identiche, e i fossili organici diventarono così le *medaglie* della cronologia storica. Così p. es.: in Europa e in America si trovano identiche più di cento specie di animali di quella qualità che trovasi in Inghilterra nella regione del principato di Galles detta dei *Siluri* antichi e perciò *Siluriana.* Non si esiterà dunque ad ammettere una stessa *epoca* per le due distanti formazioni. Ma ciò rigorosamente non inchiude che fossero contemporanee, potendo essere che colà fiorissero quelle faune quando furono estinte da noi, se altri argomenti non provino il contrario. Chi pretese questa seconda cosa pretese troppo. Eccovi un altro esempio. La Renna si trova viva nei climi glaciali, ma essa abitò altre volte i climi della Francia: eccovi un'epoca della Renna: essa dura ancora ai poli, ma cessò nell'Italia settentrionale e in Francia col cessare del rigido clima che piace a quel quadrupede. Dite lo stesso dell'epoca dell'elefante e dell'ippopotamo. Questi sussistono ora in Egitto e nelle regioni tropicali indiane, ma cessaron da noi. Se erano pure le stesse specie, il che non è ancor

ben chiaro, l'epoca di questi animali durò gran tempo e dura ancora, ma sparì da noi. Così venendo all'antropologia o alla storia dell'uomo. Si distinguono l'epoca della pietra, del bronzo e del ferro, ma esse possono essere e non essere contemporanee. L'epoca della pietra, in parte, dura ancora tra gli indigeni superstiti d'America e cessò in Lapponia al principio del presente secolo, mentre era cessata quasi del tutto nella Cananea al tempo di Mosè, e durava allora in tutta Europa.

Sicchè in uno stesso sito possiamo stabilire la successione delle diverse epoche, ma nulla ci insegna che esse fossero contemporanee in altri molto lontani. Così p. es.: delle specie plioceniche si trovano fossili in Messina e le stesse vivono attualmente nelle zone glaciali. Tuttavia siccome le condizioni climatologiche non sono molto diverse per regioni sullo stesso parallelo, queste coincidenze di viventi provano probabilmente anche una coincidenza di epoche. Ma se i depositi sono a grandi differenze di latitudine la cosa non è così chiara.

Le difficoltà aumentarono per le subìte denudazioni. Molti terreni superiori furono abrasi e portati via dal lavoro delle acque e non ne restarono che miseri testimonii della loro antica esistenza, così nelle Calabrie sopra masse di granito si trovano de' cappelli isolati di calcare, che sono gli avanzi di un mantello sterminato che copriva quei monti e vallate, e che ora è quasi tutto scomparso.

Tuttavia basati su questi principii si vennero mano mano distinguendo varie epoche successive di formazioni terrestri, ed aiutandosi de' risultati avuti da terreni molto lontani potè fissarsi una scala di esse che se non ne è esatta è almeno la migliore finora che possa costruirsi. Però le scoperte recenti de' viaggi del Porcupine e del Challenger hanno molto modificato le nostre idee sulla reale successione di questi esseri. Dagli esami di Wywille si è trovato che molte delle specie e generi creduti proprii degli antichi mari sono ancora oggidì viventi nel profondo de' mari attuali, e ciò che costituisce prima una differenza *di tempo*, non è in realtà che una differenza di *clima pelagico e geologico*. La natura del fondo e la sua temperatura e profondità equivale ad un'altra *epoca* di tempo.

Ma un ordine qualunque essendo necessario noi esporremo qui quello ora adottato. Esso comincia coi terreni in cui finora non si sono veduti fossili, detti per ciò *azoici*. Tali sono i graniti, certi e varii depositi marini, ecc. sui quali si verifica la stratificazione, ma non vi è traccia di vita apparente.

Dico apparente perchè studiandoli meglio vedremo che essi stessi possono un tempo esser stati depositi di vite estinte e le forme organiche possono esser sparite per varie cause.

Seguono i terreni *Protozoici* e *Paleozoici* cioè de' rudimenti dei primi animali ancor dubbi, come l'Eozoon canadense nei terreni Laurenziani e Cambriani e quelli degli animali più decisi, ma assai antichi, che sono cioè di tipo affatto perduto: e questi dividonsi in molte categorie, ma negli strati più bassi dominano enti rari, e piuttosto spettanti a profondissimi oceani come *encriniti*, stelle di mare, invertebrati, e altri numerosissimi ed al più crostacei come i trilobiti, tutti di specie perdute (Fig. 33), ma di mari meno profondi.

Vengono appresso depositi dove cominciano ad apparire cogli invertebrati frammisti ad articolati dei pesci di ordine assai elevato corazzati di una specie di elmo e di grandi scaglie. Di avanzi di continenti, di uccelli e di animali terrestri fino a quest'epoca non è traccia. I continenti certamente esistevano perchè dovunque sono strati vi è materia presa dalle correnti ed erosa dai continenti per formare in fondo al mare que' letti, onde si verifica che prima comparissero i viventi Dio *aveva già divisa l'arida dall'acqua* (Genesi). Di più i detriti grossolani mostrano correnti violente e depositi numerosi tolti dalla terra ferma, ma probabilmente o essi erano lontani o ancora spopolati. Così si arriva fino all'epoca detta *devoniana*.

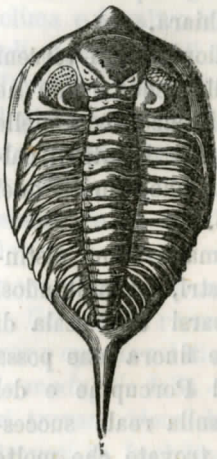



Fig. 33. Trilobite (Phacops longicaudatus, Murch.).

I continenti si mostrano solo nell'era carbonifera, ove talora le piante si trovano colle loro radici intere e sepolte coi loro tronchi dritti.

Questi depositi tanto utili all'uomo furono fatti da vere selve cresciute in quel posto, e per lo più in suolo palustre maremmano e soggetto alle invasioni del mare replicatamente. Ma anche qui mancano gli animali terrestri e solo vi sono alcuni pochi avanzi di rettili anfibii. Dovremo noi concludere che i continenti erano affatto privi di uccelli, di rettili e di mammiferi? La conclusione non sarebbe rigorosa, perchè: 1° può essere che que' continenti siano precisamente sepolti sotto i mari attuali nel continuo scambio che si è fatto della terra col mare nell'andare de' secoli; 2° sapendo che nelle formazioni posteriori littoranee vi è copia immensa di mammiferi, l'assenza loro in questi depositi, prova che essi non esistevano, o almeno esistevano in terre lontane tanto da non potervi esser travolti.

Ad ogni modo l'era carbonifera segna una separazione ben sentita

tra gli antichi organismi e i posteriori, e non è fuori di probabilità che tali faune non fossero ancora comparse.

In queste epoche antiche le specie sono poco numerose, ma ricco e copioso è il numero degli individui strani e singolari, i quali posteriormente non hanno che piccoli e imperfetti rappresentanti che a mano a mano ascendendo in alto spariscono. I vegetali stessi dal grande sviluppo di quell'epoca discendendo si riducono a tipi sempre inferiori finchè nel basso spariscono affatto o al più si riducono a qualche meschina alga, mentre ascendendo cambiano forme completamente e i primi tipi si indeboliscono e solo restano ne' climi tropicali.

Fra i molluschi, i cefalopodi giganteschi concamerati non sono ora rappresentati che dal Nautilus, mentre prima erano immensi e numerosissimi.

A queste serie di formazioni altre ne succedono in gran numero fino ad arrivare alle presenti, separate più o meno tra di loro da variazioni più o meno caratteristiche, appunto come nella storia umana si distinguono le epoche per fatti straordinarii; a questi limiti di contatto le forme spesso si confondono, ma non tanto da togliere la distinzione.

Così all'epoca *mesozoica* distinta dalla precedente per gli enormi sauriani, o lucertoloni, con qualche rettile batraciano, come rane, non si vedono ancora comparire mammiferi ma solo qualche rarissimo uccello.

In fine viene l'epoca *cenozoica* cioè degli animali moderni che preparano la strada all'uomo, e qui si ha una suddivisione di terre, di continenti affatto diversi dall'epoca precedente e similissimi alla presente, ma ancor in essa molte cose sono perdute. I climi qui si accentuano sempre meglio, e mentre le prime epoche aveano climi uniformi, qui invece troviamo segnate le latitudini nelle flore e nelle faune.

Tale in poche parole è la successione che si osserva nella terra. Questa succesione generale però non può comprendersi meglio che gettando un colpo d'occhio sulla serie delle formazioni ora adottata dai geologi e che qui riportiamo dallo Stoppani, pag. 161. vol. II.

Tavola sinottica dei terreni in ordine cronologico od ascendente.

ERA AZOICA.

Terreni azoici indeterminati.

ERA PROTOZOICA.

Laurenziano.

Huroniano (Strati ad *Eozoon canadense*).

ERA PALEOZOICA.

Cambriano od epoca cambriana.

Siluriano od epoca siluriana.

Siluriano inferiore o formazione del Llandeilo.

Siluriano medio o formazione di Caradoc.

Siluriano superiore.

Schisti di Wenlock.

Calcare di Wenlock.

Ludlow inferiore.

Calcare d'Aymestry.

Ludlow superiore.

Devoniano od epoca devoniana (Antico grès rosso).

Devoniano inferiore.

Devoniano medio.

Devoniano superiore.

Carbonifero od epoca carbonifera.

Carbonifero inferiore, o Subcarbonifero, o Calcare di montagna.

Carbonifero medio, o Millston Grit.

Carbonifero superiore, o strati a carbon fossile (Coal measure).

Permiano od epoca permiana.

Grès inferiore variegato o Rothliegende.

Schisti marnosi, o Mergel Schiefer o Kupfer Schiefer.

Calcare compatto o Zechstein inferiore.

Calcare fossilifero, o Dolomite, o Zechstein superiore.

Calcare brecciato, o Rauchwacke.

Calcare cristallino, concrezionare, o Stinkstein.

ERA MESOZOICA.

Trias od epoca triasica (Nuovo grès rosso superiore).

Trias inferiore, o arenaria variegata (Grès bigarré, Buntersandstein).

Trias medio, o calcare conchigliaceo (Muschelkalk).

Trias superiore, o Keuper, o Marne irridate.
Strati di S. Cassiano (Schisti ittiolitici di Perledo e marmi di Varenna).
Strati di Hallstatt (Dolomia di S. Defendente).
Strati di Raibl (Strati di Gorno e Dossena).
Strati di Esino.
Strati a *Megalodon Gümbelii* (Hauptdolomite).

GIURA od EPOCA GIURESE.

Infralias o periodo infraliasico.
Infralias inferiore o Strati ad *Avicula contorta.*
Infralias superiore, o Strati a *Conchodon infraliasicus* (Strati di Hettange).

Lias o periodo liasico.
Lias inferiore o calcare a *Gryphaea arcuata.*
Lias medio (Liasien d'Orb.).
Lias superiore (Toarcien d'Orb.).

OOLITE O PERIODO OOLITICO.

Oolite inferiore.
Oolite inferiore propriamente detta (Bajocien d'Orb.).
Grande oolite (Bathonien d'Orb.).

Oolite media.
Formazione di Oxford (Calcare e argille di Oxford, Callovien e Oxfordien d'Orb.).
Formazione corallina (Coral-rag, Corallien d'Orb.).

Oolite superiore.
Strati di Kimmeridge (Kimmeridgien d'Orb.).
Strati di Portland (Portlandien d'Orb.).
Strati di Purbeck.

CRETA O TERRENI CRETACEI.

Creta inferiore.
Wealdiano (Néocomien inférieur d'Orb.).
Grès verde inferiore (Néocomien supér. e Aptien d'Orb.).

Creta media.
Gault (Albien d'Orb.).
Grès verde superiore (Cénamomien d'Orb.).

Creta superiore.
Creta bianca.
Creta bianca inferiore (Turonien d'Orb.).
Creta bianca superiore (Senonien d'Orb.).
Strati di Maëstricht (Damien d'Orb.).

ERA CENOZOICA.

Terziario od epoca terziaria.

Eocene o Nummulitico.

Eocene inferiore.

Eocene medio.

Eocene superiore.

Miocene (Falunien d'Orb.).

Pliocene o Subapennino.

ERA NEOZOICA.

Posterziario o quaternario.

Periodo glaciale o del terreno erratico.

Periodo dei terazzi.

ERA ANTROPOZOICA.

Epoca preistorica.

1ª Età della pietra, o periodo della pietra scheggiata (Epoca della Renna in Europa).

2ª Età della pietra, o periodo della pietra levigata (Epoca degli animali domestici in Europa).

Età del bronzo.

Epoca storica.

Età del ferro.

LEZIONE VIII.

De' terreni Azoici e Protozoici.

Il quadro della classificazione de' terreni esposto al fine della lezione precedente ha bisogno di un considerevole sviluppo, il che faremo gradatamente.

I terreni primi nominati sono gli *Azoici.*

Diconsi azoici quelli in cui non si trovano avanzi di animali (α alpha privativo, *senza*, e ζωον *animale*) e ciò non per una accidentalità particolare di un luogo, ma per sistematica mancanza in tutte le loro masse in qualunque punto del globo si trovino. Fino dal loro presentarsi questi terreni oltre la mancanza di organismi offrono una differenza particolare anche di struttura meccanica ; molti di essi

sono stratificati, ma insieme sono cristallini. Esempi ne sono i graniti, gli gneiss, i micaschisti, molti marmi come quelli di Carrara, formazioni che si indicano generalmente col titolo di *cristalline*. La struttura cristallina li farebbe credere roccie eruttive come le lave, mentre la loro stratificazione, li dichiarerebbe roccie di sedimento. Questa opposizione delle forme moleculari con quella delle grandi masse è stata per un tempo una seria difficoltà pei geologi, per capire l'origine di queste roccie.

Così p. es. il granito fu creduto da alcuni formato nell'acqua, da altri invece formazione ignea; quindi si divisero i geologi in nettunisti, e in vulcanisti o plutonisti. Per questa roccia in specie vi era poi il fatto curioso che essa si trova spesso injettata a modo di vena o filone di lava dentro gli strati sedimentarii, i quali al suo contatto

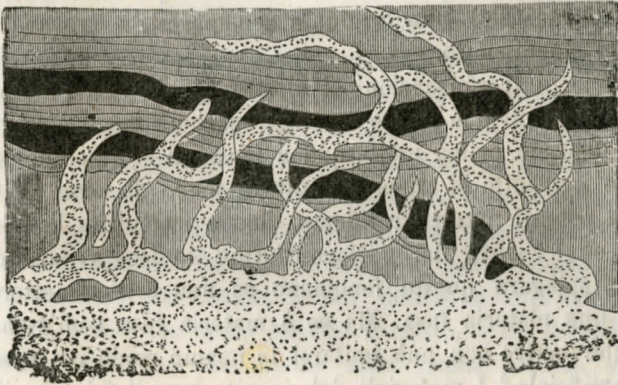



Fig. 34. Granito iniettato nelle roccie.

si trovano trasformati da una potente azione quale farebbe un corpo caldo ed incandescente (Fig. 34).

La difficoltà di capire l'origine dei graniti era con questo aumentata anzichè scemata, quindi è da studiare diligentemente i fatti di questa roccia, che è eminentemente azoica, per intendere le altre. I recenti studi hanno schiarito questa origine. Se dalla vetta delle montagne della Svizzera donde si scende per la via del Sempione in Italia si esamina la scala dei terreni che s'incontrano per via, si trova che nelle alte regioni svizzere, i cui terreni si appoggiano ai graniti centrali si hanno alla superficie degli strati decisamente sedimentarii e dell'ordine degli schisti: questi a poco a poco si mostrano sparsi di lamelle cristalline micacee che perciò passano ai micaschisti: in questi non è raro trovare qualche traccia di fossile vegetale (Sella). Scen-

dendo più al basso la roccia diviene più cristallina e si trasforma in quello che dicesi *gneiss*. La sua struttura a strati è perfetta, e sotto questo rapporto nessuno la distinguerebbe dalle roccie di sedimento. Solo i foglietti e i cristalli sono così piatti e si risentono tanto della schistosità, che quelle masse si possono spaccare con semplici zeppe di legno ed averne lastre piane bellissime e di enorme estensione di cui si fa uso per copertura di tetti, per pareti di capanne, pali per telegrafi, viti, siepi, ecc. Essa si fende poco meno facilmente che le lavagne.

Scendendo più sotto verso l'Italia in Val d'Ossola si trova che le masse diventano più compatte, la struttura lamellare si fa più rara, e finalmente sul Lago Maggiore a Baveno, donde si estrassero le moli delle colonne di S. Paolo, la massa è così compatta che sembra continua, e solo l'occhio esperto del cavatore sa prendere il verso per conoscerne la stratificazione originale scomparsa, e trovare la linea di più facile sfendimento.

Questa serie di trasformazioni ci mostra che lo stesso materiale può presentarsi sotto diverse forme di aggregazione meccanica, e che la materia si depositò prima nell'acqua a modo di sedimento. Ma allora come è che il granito si trova injettato a modo di vene e filoni nell'interno di potenti masse stratificate, fino a riempirne le minime fessure, cosa che veduta dal geologo Hutton lo fece saltare di gioia? Non si può spiegare questo fenomeno se non coll'ammettere che il granito sia una materia fusa. Ma se è materia fusa com'è che è stratificato, e che inoltre non può imitarsi in nessun modo coi nostri mezzi di calore artificiale? I materiali del granito sono il felspato, il quarzo, la mica o l'anfibolo: se queste roccie si fondano in un crogiuolo si ottiene una pasta vitrea e senza traccia di cristallizzazione: qual fu il segreto che usò la natura per ottenere quelle masse cristalline?

Questo segreto ce l'ha svelato il sig. Daubrée: esso ha fatto vedere che se si mettono que' materiali non in un crogiuolo ordinario, ma in un tubo di ferro ben chiuso con entro poca acqua, e si esponga il tubo a forte temperatura, non tanta però da farlo scoppiare, si hanno le masse interne fuse e cristallizzate analogamente a ciò che si ha nei graniti. Il segreto dunque è scoperto: le formazioni suddette si fecero nel seno della terra ad alta temperatura colla presenza dell'acqua sotto fortissime pressioni. L'acqua sotto la forte pressione mista alle molecole permise loro tanto di movimento libero da potersi disporre secondo le loro attrazioni molecolari e chimiche, e si formarono quei composti in proporzioni definite che si richiedono alla struttura di

ciascun cristallo, a un dipresso come nella fabbrica dello zucchero raffinato una porzione si forma in cristallini ben netti dentro l'altra che serve di solvente come sciroppo, o *melasse*. La parte di solvente nei graniti è per lo più il quarzo. Nè ciò deve farci sorpresa poichè è ben conosciuta la grande solubilità della silice nelle acque calde, onde spesso esse ne sono cariche come nei *geysers* d'Islanda.

Nessuna difficoltà quindi a comprendere che sotto la pressione di forze interne queste masse fluide siano state iniettate per qualche fessura dentro gli strati di sedimento, e le roccie contigue ne siano state modificate ed alterate, la quale trasformazione vien detta *metamorfismo* dai geologi. Dal che ne segue che i graniti non sarebbero essi stessi che deposizioni sedimentarie trasformate dal calore col concorso dell'acqua sotto fortissime pressioni. Quindi essi stessi sarebbero roccie *metamorfiche*.

Fu già un tempo in cui i geologi riguardavano i graniti come la prima formazione compiutasi in fondo ai mari pel raffreddamento della crosta terrestre, e un nucleo di graniti è comunemente indicato nelle carte geologiche come la base su cui riposano tutti gli altri strati. In somma il granito formava il terreno primitivo, la prima crosta che coprì il globo al principio della solidificazione. Una tale idea non sarebbe pertanto più sostenibile; perchè il granito essendo stato dapprima un deposito sedimentario formato in fondo ai mari, come i presenti, esso doveva derivare dai fanghi e dai detriti di altri continenti più antichi di lui, e alle cui spese esso fu formato, e se diventò cristallino lo dovette all'azione del calore della massa interna con cui si trovò a contatto. Quindi le molte diversità de' graniti che trovansi in natura. Quegli strati dovettero quindi affondarsi tanto da arrivare alla regione della profondità necessaria in cui la temperatura fosse così alta da poter rammollire le masse, e permettere all'attrazione molecolare la libertà di costituirsi in tanti cristalli. Donde poi potè esser sollevata e scagliata tra le fessure che si trovassero negli strati superiori. Lo studio microscopico delle roccie e de' cristalli fatti in questi ultimi tempi ha mostrato che essi sono pieni di fori e bollicine piene d'acqua, e di altri fluidi, come acido carbonico liquido e altri gas.

Questi fatti danno origine a una teoria che sola collega i fatti così opposti in apparenza ed è seducente pel vasto orizzonte che ci svela e ci fa conoscere che noi siamo tanto lungi dal poter definire la prima roccia che si formò sul globo, quanto siamo lungi dal conoscere il primo giro che la terra fece attorno al sole. I graniti attuali che occupano molte delle più alte cime del globo furono pertanto ancor essi

fondo di mare, che depressi sotto al carico di enormi altri depositi, si trovarono influenzati dal calore centrale del globo, e con ciò si trasformarono in roccie cristalline.

Da que' profondi abissi vennero pian piano sollevati fino a formare le nostre Alpi, e le cime altissime del Monte Bianco, del Monte Rosa, delle alte vette del Tibet, ecc. Queste cime sono continuamente rosicate e lavorate dagli agenti atmosferici, e portate di nuovo da corsi d'acqua un'altra volta in fondo agli abissi de' mari ove formano altri banchi e strati, i quali alla lor volta saranno sprofondati dal peso delle masse superiori accumulate, e sepolte torneranno al contatto delle masse ignite centrali, per esservi di nuovo trasformate e ricristallizzate e poi forse nuovamente risollevate. Così ci si presenta alla mente col succeder de' secoli una circolazione continua nella materia simile a quella che forma i viventi; perchè il nutrimento di un animale produce quelle sostanze che sono destinate ad alimentare i vegetali, e questi alla lor volta tornano ad alimentare l'animale.

Questa grandiosa idea che ci presenta questa successione di periodi, ciascuno de' quali consta di milliardi di secoli, è quella che sola ci può dar una idea dell'eternità dell'Autore dell'universo. Questa serie ebbe certamente un principio, poichè tali avvicendamenti all'infinito sono impossibili, ma non è dato all'uomo sapere il *quando* del primo ciclo.

Questa grandiosa teoria rapporto al tempo ci spaventa, ma ricordiamoci che simile spavento mise, pochi secoli sono, una simile idea di grandezza trovata dalla astronomia nello spazio. L'umano ingegno fu spaventato dalle sue scoperte astronomiche quando concluse che l'immenso corpo terrestre creduto fino allora esser tutto il mondo, non era che un granellino di sabbia rapporto al resto del creato.

Ma questo spavento sparì col famigliarizzarsi delle scoperte, e col penetrarsi addentro di esse con più profondità: talchè ora anzi con troppa leggerezza se ne parla anche da chi certamente non ne comprende le ragioni. Così sarà della durata in tempo de' fenomeni della creazione, essa invece di spaventarci ci sorprenderà e diventerà un un titolo di ammirazione della grandezza del creatore. Però ricordiamoci che in tutte queste grandi ed ammirabili vicende l'uomo non ebbe parte alcuna, e la scienza non ci può additare la sua presenza che nei più recenti fenomeni geologici, cioè in quelli la cui antichità si misura colle epoche della tradizione. Anche in ciò la geologia va di pari passo coll'astronomia: perchè se questa ci svela nuovi mondi, insieme però ci dice che essi non sarebbero abitabili per l'uomo e che se pure colà sono esseri intelligenti, essi non possono esser certamente della nostra specie, nè figli di Adamo.

Però, ritornando alla geologia, questa circolazione non può essere indefinita. In mezzo a queste operazioni la massa perde calore col venire esposta alla superficie, e le perdite non sembrando potersi riparare la massa solida diventerà sempre più spessa, e finirà col divenire sempre più rigida, e col solidificarsi completamente. Questa idea però *della circolazione delle rocce* è una delle più grandiose che ci offra la scienza e delle più sublimi, che mostra come i fenomeni che di lor natura tendono a distruggere uno stato di cose, hanno sempre la loro parte di reazione che tende a rigenerarli fino almeno a certi limiti fissati dal divino fattore.

Ma se ciò è vero come è che nei fenomeni cristallini non si trovano fossili organici?

La spiegazione è facile e ce la porgono gli stessi fenomeni che vediamo sui fossili negli strati sedimentarii. Gli avanzi organici sono ben netti e definiti negli strati più superficiali, fino a conservarci la loro struttura nelle parti solide, e fin talora traccie di materia animale. Ma questa sparisce a poca profondità, e non resta che la massa calcarea o carbonosa lamelliforme come nella vita organica. Ma più sotto sparisce anche questa struttura, e le conchiglie si trovano *spatizzate*, cioè cristallizzate, e il carbone perde ogni tessitura di fibra vegetale. Un passo di più e le filtrazioni acquee ed il calore rendendo alle masse la loro libertà appena resta un contorno dell'animale sepolto, come una venatura di roccia interna, quale vediamo nei marmi del giallo di Verona, o di Sicilia per gli ammoniti che vi sono tanto numerosi. Venga ora una forte temperatura umida che renda alle molecole una libertà completa semiliquefacendo la massa; prevarranno le forze molecular, la massa passerà allo stato di cristalli, si separeranno gli elementi, e ogni vestigio di organismo disparirà.

Così è accaduto nei marmi di Carrara ove i fossili benchè non iscarsi esigono però un occhio molto addestrato per riconoscerli, tanta è la loro trasformazione. Questi sono tutti cristallini e pure è opinione dei geologi che essi in origine furono banchi di coralli, o in altri casi sedimenti di acque cariche di carbonati come gli alabastri, i quali doveano contenere copiose reliquie organiche, delle quali realmente non poche furono riconosciute nei marmi statuarii, ma quasi tutte sono scomparse per l'azione del calore a cui fu sottoposta la massa. Se questo calore non decompose que' carbonati calcari come avviene nelle nostre fornaci in cui si trasformano in calce, questo deriva da ciò che essi erano sotto enormi pressioni, onde l'acido carbonico non potè svilupparsi allo stato gassoso ed anzi, come dicemmo, restò a stato liquido

chiuso in alcuni cristalli. Anche artificialmente mantenendoli esposti al calore in vasi chiusi si trasformano in arragonite, e in masse cristalline. I marmi statuarii cristallini sono pertanto una prova di questa stessa teoria, perchè essi trovansi appunto così cristallizzati al contatto delle roccie eruttive, che li penetrarono in istato fuso.

Non devono confondersi però i graniti con certe altre rocce pure prive di fossili e che sono precisamente eruttive, cioè sono vere lave; tali sono i basalti, i porfidi, le serpentine, ecc. e certe rocce chiamate *trapp*. Questi sono veri prodotti vulcanici, e tali che mostrano tutti i fenomeni delle lave, però colla condizione in cui furono formate cioè di eruzioni accadute sotto al mare, le materie consolidate in mezzo alle acque presero un aspetto tutto loro particolare che le rassomiglia più alle formazioni cristalline che alle lave de' vulcani atmosferici.

Alcune di queste sono lave semplicemente come le comuni de' vulcani e diverse solo per la loro composizione di elementi primitivi. Così il porfido rosso, in cui si trovano sovente incastrati pezzi e scaglie di porfido verde scuro; avanzi di altri pezzi di lava più antica (1) e le serpentine a grossi cristalli di felspato cruciformi. Queste sono paste vulcaniche in cui i cristalli si separarono al modo che si disse accadere nello zucchero e in molti prodotti di scorie de' nostri alti forni.

Il fatto pertanto così bene stabilito, che vi sono de' graniti i quali sono iniettati nelle masse sedimentarie, prova che non può più credersi il granito la roccia più antica di tutte, e che molti graniti sono stati eruttati dall'interno della massa terrestre ad epoche comparativamente recenti, cioè uscirono dalle viscere della terra dopo già formati que' sedimenti in cui li vediamo ramificarsi. Anche le Alpi nostre credono i geologi che non fossero emerse che ad epoca ben tarda, e dopo forse l'era carbonifera, ma di ciò a suo luogo.

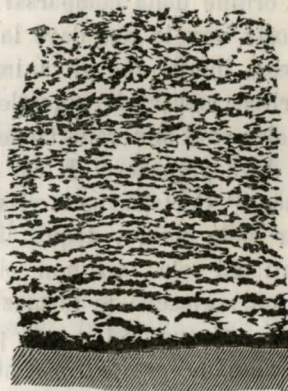
L'aver essi con le successive vicende a cui furono soggetti vestita questa nuova forma cristallina non toglie che non fossero impasti di materie più antiche; che se qualcuno volesse ancor tenere la vecchia teoria che la base di tutti gli strati della scorza terrestre deve essere il *granito*, ciò non potrebbe intendersi che in un solo senso: cioè che le masse interiori del globo terrestre sono tali che tenute in istato molle dal calore, consolidandosi possono formare il granito. Ma dal

(1) Un superbo rocchio di porfido rosso con incluse le scaglie a ciglio vivo di porfido verde, si trova nel museo vaticano presso l'Apollo di Belvedere.

detto sopra è manifesto che questa materia può non esser altro che gli antichi strati rifusi e rimpastati senza che l'uomo possa colla sua scienza attuale dire giammai — *questa fu la prima materia consolidata che formò la crosta del globo.*

Il geologo pertanto è costretto a ragionare sulla successione de' terreni dietro il loro ordine relativo di stratificazione dato dalla sperienza, e dall'esame delle circostanze. In questo ordine di successione pertanto sopra i graniti, gneiss e micaschisti si trovano come terreni immediati il laurenziano e uroniano riconosciuti nel Canadà, i quali terreni nella serie finora nota sono i più profondi di tutti secondo che c'insegna l'ordine di successione degli strati. In questi terreni si sono riconosciute alcune traccie di strutture rassomiglianti per la forma alla struttura di polipai. Tal formazione fu creduta organica dagli uni, ma molti altri la credettero puramente minerale e pseudo-cristallina analoga a quelle delle nostre serpentine. Il certo si è che se fu organica quella forma essa fu iniettata di materia fusa e analoga a quella delle nostre serpentine. Fu questo fossile chiamato quindi *Eozoon* (Fig. 35), cioè aurora della vita, e per la sua natura problematica, non è certamente atto molto ad illuminarci. Tuttavia questa formazione che del resto non sembra molto estesa, si lasciò tra i *protozoi*, cioè animali primi ed embrionarii, aspettando che ulteriori ricerche schiariscano la sua origine. Le vere deposizioni animali, e la esistenza di una vita certa non si comincia a manifestare con sicurezza che nel periodo in cui si formarono gli strati detti cambriani. Ma è sempre da tener fermo il pensiero che questi strati che corrisponderebbero ai più profondi, se tutti fossero disposti in serie successiva, non sono necessariamente i primi che si formarono, e immense serie possono averli preceduti: serie che noi ignoreremo forse per sempre, o perchè discese ad enormi profondità sotto de' continenti, o perchè sommerse attualmente sotto le profondità de' mari.

Fig. 35. Eozoon Canadense.

Tuttavia sarà pregio dell'opera venir esponendo questa serie frutto di immenso studio e profonde ricerche, e che costituisce uno de' tanti

periodi a cui fu soggetto il nostro globo prima che riuscisse ad essere quale ora lo vediamo adatto all'uomo.

E qui dobbiamo osservare che tutto ciò che noi possiamo avere di conservato in genere, lo troviamo nei *fondi* di mare, nulla noi sappiamo degli antichi continenti, nè dove essi fossero. Tuttavia l'era protozoica stessa benchè problematica ancora nella struttura della sua vita ci mostra due cose: 1° che vi erano continenti, perchè i depositi fatti nel mare non possono farsi che prendendo i materiali dai continenti preesistenti, e non mai prendendoli dal fondo del mare, che non può scalzare nè stratificare sè stesso e se il mare dà qualche materiale dal suo seno, questo è preso dai bassi fondi e dalle coste, e ciò stesso suppone già i continenti. L'altezza di questi strati protozoici sale a 15 chilometri (quasi 4 volte il Monte Bianco) laonde per formarli si dovettero dagli agenti meteorici atmosferici rodere spessezze enormi di quegli anteriori continenti. 2° Che probabilmente vi erano vegetali, perchè in que' terreni si trovano depositi di grafite e di antracite. Però nessuna traccia di animali completi e perfetti. Ma qual fu l'ordine della comparsa? furono primi i vegetali o gli animali? La risposta non la può dare la geologia, ma la dà la fisiologia. — Risulta da essa infatti che gli animali han bisogno delle sostanze vegetali per nutrirsi, mentre il vegetale può direttamente assimilarsi e organizzare gli elementi minerali. Onde per necessità di natura l'ordine de' vegetali deve precedere. E ciò combina con quanto ci attestano le sacre carte. 3° Pertanto se la vita marina esisteva, necessariamente vi dovea esser cielo chiaro, acqua limpida, e calore ed azione chimica provenienti dal sole; ma non si può stabilire che vi fosse alternativa di stagioni, giacchè le formazioni di questa specie trovansi identiche ai poli e all'equatore, e solo può dirsi che i mari polari doveano esser più caldi de' presenti perchè portavano esseri che ora soltanto prosperano nelle regioni tropicali.

Le recenti scoperte del *Challenger*, che ha trovato temperature e generi di creature uniformi nei mari profondi dai poli all'equatore, provano che questa uniformità delle antiche creature poteva esser semplice effetto della struttura di que' mari profondissimi.

Quest'epoca protozoica però è troppo incerta, e mancando ai geologi i criterii de' fossili caratteristici non può che dirsene poco, e ciò assai in generale, e per ciò qui facciamo fine. Avvertendo però che le condizioni della vita essendo sempre le stesse, la presenza di un solo animalucolo o foglia di piante basta per mostrarci che nelle epoche da noi più remote regnavano sul globo conformazioni geografiche princi-

pali analoge alle presenti. I continenti di que' tempi non sono certo i continenti presenti, ma vi erano allora continenti e mari, e l'*arida* era separata dal *mare* e questa fu la prima opera che doveva eseguirsi a base di tutte le altre. Si è preteso da alcuni che in quelle epoche antichissime gli abissi fossero popolati di esseri imperfettissimi denominati monere, batibii, ecc., primi e rozzi abozzi della trasformazione della materia bruta in materia organica da cui poi si svolsero gli esseri più perfetti. Tale idea è una mera supposizione, nulla prova tale stato perchè dappertutto ove troviamo vestigio di vita questo accenna a uno stato del globo fornito di luce, di trasparenza, di calore poco diverso dal presente. Di più ora stesso esiste un tale stato di organizzazione nel mare, e pure esso non produce nulla di sviluppo organico novello. Anzi molto di questo fluido creduto organico da taluni è stato riconosciuto mera soluzione di materie inorganiche, onde cade a terra il castello fabbricato su tali apparenze.

LEZIONE IX.

Era Paleozoica.

Questa si divide nelle epoche: Cambriana, Siluriana, Devoniana, Carbonifera, Permiana. Essa si disse anticamente anche di transizione, cioè come fosse un passaggio dai terreni primitivi ai secondarii: ma tali nomi implicando delle ipotesi non necessarie ora si vanno abbandonando.

L'interesse dello studio di queste prime epoche è sommo per risolvere la gran questione della origine delle specie: se cioè esse siano avvenute sviluppandosi grado a grado da esseri imperfetti, ovvero se siano state create in istato completo e perfetto, ciascuna nel suo ordine di natura. Se esse vennero formandosi a poco a poco troveremo certamente negli strati più antichi queste forme abbozzate e più imperfette: ma se nulla di ciò troviamo, e piuttosto esseri perfetti nel loro genere, e di ordine elevato, dovremo concludere che le specie

non si produssero una dall'altra, ma che uscirono complete dalla mano del creatore a periodi successivi (1).

Al disopra degli strati Uroniani e Laurenziani, ove la vita è nulla o incerta, si trova il Cambriano.

Epoca Cambriana. — Questa è l'epoca in cui si mostrano senza dubbio i vestigii della vita, ed è frapposta al Siluriano e Laurenziano, e quasi si fonde col Siluriano. Benchè scoperta per prima in Inghilterra essa è assai sviluppata nell'America, ove da 60 o 70 piedi di spessezza nel nord, arriva nelle montagne appallachiane a 7000 piedi.

Fig. 36. Oldhamia antiqua Forbes.

I fossili vegetali del cambriano si riducono ad alcune alghe (*Oldhamia antiqua,* Fig. 36). Tra' zoofiti si presentano le spugne sotto la forma degli *Archeocyatus.* Speciali poi sono i *Graptoliti* (pietre scritte (?)) perchè gli schisti loro sono come graffiti da segni e seghette dritte o spirali curiosissime e delle quali ora non esiste cosa consimile, e solo da lontano si possono paragonare a certi coralloidi.

Non si trovano nè *ricci,* nè *stelle di mare (Echinodermi)* ma vi sono i *crinoidi* e le *cistidèe,* che rassomigliano a fiori calcarei ritti sul loro stelo, e che sappiamo trovarsi ora nei mari profondi studiati dalla Spedizione Inglese del *Porcupine.* Moltissime sono le conchiglie, e in generale sono tutte di specie perduta salvo tre che sono assai rimarchevoli perchè si presentano fra queste prime creature, e seguono fino ai giorni nostri.

Una è del genere de' *brachiopodi:* animali così detti perchè si tengono ancorati e fissi agli scogli con un piede o braccio che per un foro o per un'apertura della conchiglia lega l'animale a terra come un'ancora. La specie che dura ancora è la *lingula anatina* (Fig. 37), la quale è bivalva cornea e per un'apertura emette il suo cordone o braccio che la ritiene.

L'altra è il *Nautilus pompilius* (Fig. 26), tipo straordinario e ora unico vivente delle conchiglie concamerate, le quali come vedremo nell'epoca seguente popolarono i mari. Questo animale spetta alla classe de' *cefalopodi,* cioè di quelli forniti di molte braccia o piedi posti sulla testa e che loro servono di organi locomotori e sono analoghi perfettamente ai nostri polipi, o sepie. Solo invece di avere un osso o cartila-

(1) V. Lyell nel Corso di geologia la conclusione contraria a quanto disse poscia.

gine interna, l'animale ha una conchiglia esterna simile alle univalve, ma l'animale non abita che l'ultimo appartamento o camera. Tutto il resto del cono spirale è diviso in tante camere ciascuna delle quali nel fossile comunica coll'altra per mezzo di un foro. Nel vivente però i fori sono uniti da un canale membranoso contrattile e dilatabile a piacere dell'animale. Le camere sono piene d'aria, e l'animale stringendo o spandendo il tubo e forse empiendolo d'acqua rende la conchiglia più leggera o più pesante e si serve di questo meccanismo come i pesci

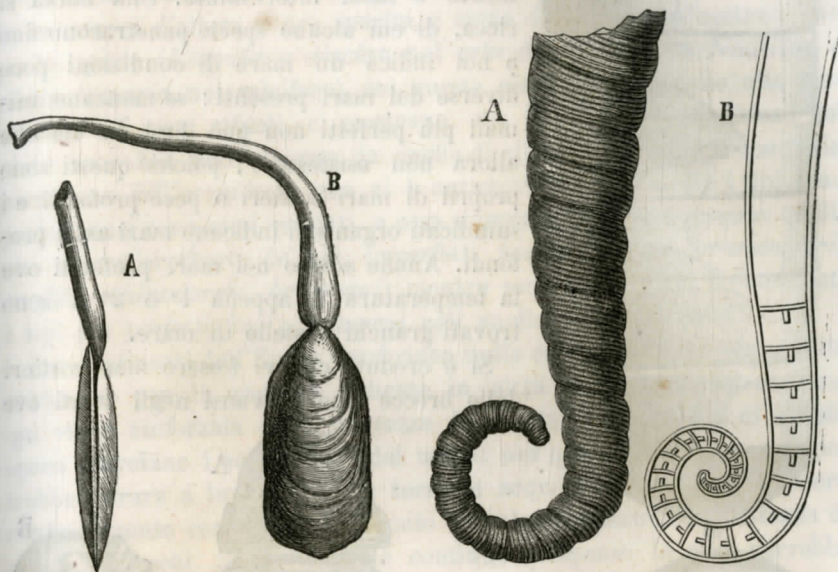



Fig. 37. Lingula anatina Lk. vivente A. di profilo. — B. di faccia.

Fig. 38. Lituites lituus. Hising. (Siluriano inferiore). A. Conchiglia all'esterno). B. Sezione per mostrare l'interno.

della vescica per salire o scendere (Fig. 26 A, Fig. 38 B) proprio come nel giocarello fisico detto *diavoletto di Cartesio*.

Numerosi sono i granchi o crostacei, i quali formano il tipo più elevato tra gli animali invertebrati. Essi sono rappresentati dai *trilobiti*, ora scomparsi, e che sono i fossili più tipici dell'era paleozoica. Questi animali erano marini e non hanno alcuna somiglianza coi crostacei moderni e solo una lontana coi nostri chilognati *(Juli, Glomeri*, vulgo porcelletti di S. Antonio) che sono formati di anelli coriacei e si possono arrotolare in globo; e in fatti se ne trovano molti di fossili così agglomerati (Fig. 40 B). La testa è unita al torace ed è coperta come da uno scudo semilunato che si prolunga lateralmente. La su-

perficie del loro corpo è profondamente solcata pel lungo da tre linee di cavità donde si dissero trilobiti. Essi sono di tutte le dimensioni, cioè da uno a due millimetri fino a due piedi.

Sono pure rappresentate le conchiglie bivalve degli *Acefali*, e quelle univalvi de' *gasteropodi*. In una parola abbiamo una fauna marina e competente ad un mare profondo e ricco di vita e di luce.

Il pensiero che questo fatto ispira alla mente è assai interessante. Una fauna si ricca, di cui alcune specie penetrarono fino a noi indica un mare di condizioni poco diverse dai mari presenti: se mancano animali più perfetti non può dirsi da ciò che allora non esistessero, poichè questi sono proprii di mari costieri o poco profondi e i suindicati organismi indicano mari assai profondi. Anche adesso nei mari profondi ove la temperatura è appena 1° o 2° si sono trovati granchi e stelle di mare.

Si è creduto che vi fossero mari costieri dalle brecce che trovansi negli strati ove

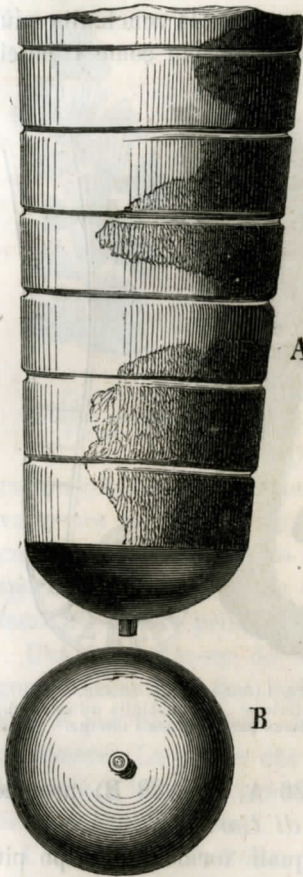



Fig. 39. Orthoceras crassum. Röm. (Devon.). A. Moncone della conchiglia. B. Convesso di una delle pareti.

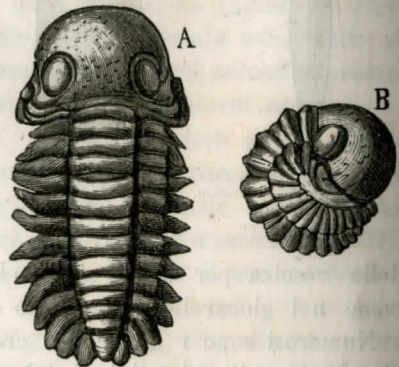



Fig. 40. Sphaeroxochus mirus. Brong. A. disteso. — B. aggomitolato.

sono queste creature; ma anche nei mari profondi attuali, e lontani dalle terre, si sono colla draga del *Porcupine* pescate breccie, onde queste non possono infermare la prefata conclusione. Ma questa creazione così avanzata in epoca così antica, e che si presenta tutta ad un tratto nella sua completa perfezione e pari all'attuale nei mari

lontani dai lidi e profondi è già un fatto fondamentale assai concludente per smentire le idee di coloro i quali vollero che le specie attuali siansi procreate da continue trasformazioni di specie più imperfette che le precedettero, e grado per grado si perfezionarono. Possiamo dire che sotto questo rapporto non vi è alcuna differenza tra i mari d'allora e quelli d'adesso, salvo le qualità delle specie, ma che tanto erano perfette quelle quanto le attuali, e che perciò quella scala di perfezionamenti è un sogno che non è provato da verun fatto.

Tutta la creazione (colla parola *creazione* intendiamo semplicemente le *creature*) d'allora è ora sparita e come dicemmo non restano che poche specie (*Lingula e discina* nel grès di Potsdam, e *Nautilus* e *pleurotomaria* nel calcifero), ma queste mentre partecipano alla giovinezza de' mari attuali, ci mostrano che le presenti condizioni del globo sono ben poco diverse da quelle di allora, e sopratutto che nella perfezione dell'organismo non vi è antichità nè novità. Nè i tipi sono pochi: anzi sono assai svariati, e cosa singolare mancano proprio quelli che si crederebbero de' più imperfetti (*amorfozoarii foraminiferi, zoofiti, echinodermi, briozoari*) mentre sono così copiosi e dominanti i tipi più perfetti fino a spingersi agli anelidi e ai crostacei!

Dei continenti dell'Epoca Cambriana nulla conosciamo, ma certamente esistevano per la ragione indicata in altra lezione precedente, ma qui viene rinforzata dalla sicurezza della vita. — I viventi di questa epoca secretano i sali calcari dal mare: ora questa secrezione non potrebbe durare a lungo se dalle terre le acque correnti non venissero continuamente recando il carbonato di calce necessario all'esistenza di questi molluschi. Senza un tale continuo compenso la vita verrebbe meno, e tutto perirebbe. Ora invece di ciò al Cambriano piuttosto povero di vita succede il Siluriano maravigliosamente ricco, e tale da sorprendere per la sua rigogliosa e ricca vitalità, e specialmente succedono i coralli che si appropriano montagne di sali. Chi e donde recò colà tanto materiale se non i corsi d'acque dolci prendendoli dai continenti? Quindi una prova che prima che esistesse verun vivente marino o terrestre l'*arida* fu separata dalle acque: altrimenti queste non potevano esser feconde di viventi.

La spessezza de' depositi che arriva a 6000 metri mostra una progressiva depressione nel fondo del mare recipiente, senza di che la fauna propria delle grandi profondità avrebbe cambiato natura, e si sarebbe ridotta a fauna litorale. Questi sprofondamenti successivi sono in genere assai comuni, e ciò ha permesso l'accumulamento di enormi sedimenti come quelli del Cenisio di 7, 8 e fino a 12 chilometri di

profondità. Questi sprofondamenti si verificano anche nei mari attuali. Le grandi costruzioni poliparie dell'Oceano Pacifico ed Indiano ne sono una prova. Questi animalucci non possono prosperare che a piccolissima profondità e quasi a fior d'acqua: ora le loro costruzioni sono come muri che spesso si innalzano di centinaia di metri: è certo che a quelle profondità essi non potevano fabbricare, e perciò se fabbricarono fu perchè allora il fondo era presso alla superficie delle acque. Considerando l'innalzamento annuale di questi animalucci, qual dovea essere anche solo nelle epoche storiche, essi tutti sarebbero periti, perchè alzando essi ogni anno tanti pollici di altezza sarebbero usciti fuori dell'acqua colle loro costruzioni: invece essi sono sempre alla stessa profondità malgrado la loro continuata lavorazione. Ciò vuol dire che a mano a mano che essi alzano la cima il fondo si deprime per cui essi sono sempre alla stessa relativa profondità.

Epoca Siluriana. — Ma ben più ricca e splendida è l'Epoca Siluriana che segue la Cambriana.

Fig. 41. Callocistites Jewettii. Hall. (Siluriano medio).

La fauna della Siluriana è una estensione della Cambriana, ancor essa marina, e di mare profondo e lontano dai lidi. Nessuna traccia di animale terrestre vi si rileva, nè di acqua dolce: segno che essa si formò in un vasto mare lontano da terra. Enormi e ricchi oltremodo sono i cefalopodi, giganteschi i depositi di coralli, compariscono le famiglie de' crinoidi con gran lusso e varietà, e giganteschi *ortoceratiti* (v. Fig. 39).

Gli ortoceratiti sono conchiglie concamerate come quelle del Nautilus, ma invece di esser attortigliate a spira sono col loro asse rettilineo a modo di semplice cono retto concamerato all'interno, e fornito del solito sifone di cui si conosce la struttura a modo di tubo formato di ventri e strozzature successive ad ogni diaframma. Questi animali di 15 piedi ci rammentano cefalopodi moderni che rivaleggiano colle balene, e coi mostri ancora viventi di polpi giganteschi trovati nei mari del Maine in America, con braccia lunghe 18 e 20 piedi che tengono il luogo delle balene e dei pesci cani. I trilobiti sono colossali, due piedi di lunghezza! più di 2000 specie di esseri si contano nella sola Boemia! Il tipo delle conchiglie concamerate, *Nautili, Lituiti, Ortocere, gomfocere* crescono a dismisura. Gli ammoniti sono grandi come ruote da carro! Compariscono la prima volta gli oursini o ricci di mare e i zoofiti o coralli. Il mare fiorisce come giardino di zoofiti, di crinoidi, di cistidèe. Cistidèe che formano una famiglia, ora quasi scomparsa, e che sono crinoidi in forma di calice chiuso ed ovale (Fig. 41).

I crinoidi comuni (Fig. 22) sono creature veramente curiose: da una radice forcuta e sparsa in ramificazioni diverse, si estolle uno stelo flessibile formato di tante rotelle di forme poligone e capricciose, che in cima si dilata in forma di giglio o tulipano, che forma la cavità viscerale del curioso essere, che pure è animale e pare un fiore. Le specie variano da epoca ad epoca, e 36 su 58 generi sono esclusivamente paleozoiche. Ma queste curiose creature vivono ancora nel fondo de' nostri mari, come mostrò il W. Thomson (1); meno vaghe e meno rigogliose, ma pure superstiti. Le articolazioni sono legate da tessuto morbido come le spine dorsali de' pesci, e il loro stelo in qualche modo richiama la spina dorsale di un animale che confitto in terra co' piedi può ancora sollevare il capo. I loro resti formano dei

Fig. 42. Pseudocrinus quadrifasciatus. Perce (Siluriano superiore).

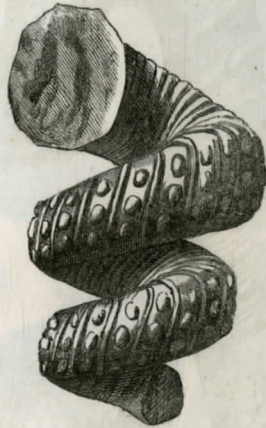



Fig. 43. Helicoceras Robertianus d'Orb. (Gault).

banchi interi di calcaria usata nelle fornaci, ma è difficile trovarli interi, essendochè il legame cartilaginoso de' pezzi fu facilmente disciolto co' secoli.

I coralli dominano da padroni nel siluriano mentre non si conoscevano nel cambriano, per seguitare appresso fino ai giorni nostri. La mole de' coralli siluriani emula l'estensione di vasti continenti, laonde quelle acque cariche di sali calcarei tolti a' continenti d'allora, venivano purgate da questi animalucci e ridotte allo stato normale per la loro potenza secretiva. Ma se i polipai sono colossali, essi però differiscono da quelli delle epoche posteriori, e mentre nei più moderni

(1) V. W. Thomson, pag. 368, Fig. 70.

dominano le lamine verticali, gli antichi, o palezoici, hanno a preferenza le lamine orizzontali che dànno alla massa un aspetto di alveare *(Halysites* e *Zaphrentis)*, e mentre nel paleozoico il numero laminare è 4, 8, 16; nel neozoico è 6, 12, 24, ecc., cioè regnano i multipli di 6, mentre nell'antico è il multiplo di 4.

I *brachiopodi* sono arricchiti di nuovi generi, e le loro conchiglie fornite di anse interiori che le suddividono in un apparato complicato (*Spiriter rostratus*, Fig. 46) e moltiloculare (*Pentamerus Knightii*) mostrano l'organizzazione elevata di questi molluschi.

Fig. 44. Ancyloceras matheronianus, d'Orb. (Neocomiano superiore).

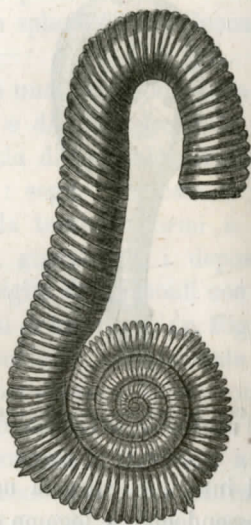



Fig. 45. Scaphites Yvanii, Pusoz. (Neocomiano superiore).

Negli strati siluriani superiori denominati del *Ludlow* si cominciano a vedere avanzi di pesci, e mentre non si rileva nè un mollusco polmonato, nè un insetto, si ha la comparsa di pesci ben distinti; ma in tanta copia che i soli avanzi di detriti o ossami loro dispersi e confusi formano de' banchi enormi.

I pesci di quest'epoca sono assai singolari per la loro struttura. Essi sono corazzati da un grande scudo in testa simile a quello dell'attuale

storione e da squame grosse sul corpo. Onde in qualche modo si avvicinano ai crostacei; tranne questi esseri che pure da taluni si riguardano piuttosto come *Devoniani* cioè dell'epoca seguente, noi non abbiamo che una fauna pelagica analoga a quella che regna adesso nei grandi mari e profondi.

Ma alcuni fatti singolari distinguono quest'epoca di immensa durata in cui si formarono depositi di 12 in 15 chilometri di profondità. Una è la scarsezza de' tipi mentre gl' individui sono numerosissimi; l'altra è l'universalità delle loro dimore, talchè in Europa, in America, all'Equatore e ai poli, l'epoca siluriana presenta gli stessi prodotti limitati alla bassa sfera marina senza *nulla di terrestre*.

Fig. 46. Spirifer rostratus, Schl.
A. Esterno. B. Interno colle spirali dell'apparec. brachiale.

Fisonomia di creazione costante, che contrasta mirabilmente colla varietà e accantonamento presente delle specie. La conseguenza fisica è che la temperatura esser doveva uniforme in que' mari. La cosa potrà parere assai strana, ma le scoperte moderne delle ricerche a grandi profondità ci hanno persuaso, che ai grandi fondi di mare non può applicarsi ciò che vedesi alla superficie. Anche ora il fondo dei grandi oceani comunicanti liberamente co' poli, si ha una temperatura quasi costante e variante da -3° a $+1^{\circ}$ e nutre le stesse creature ad enormi distanze in longitudine e latitudine. Onde l'epoca siluriana in ciò non è differente poi tanto dall'attuale, e solo il mare doveva essere assai profondo e il suo grado medio di temperatura superiore all'attuale.

Nella siluriana si verificano le due specie di depositi litologici — calcarei e fangosi — i primi coi coralli, i secondi coi graptoliti. L'assenza completa di vertebrati (tranne que' pochi pesci che sono piuttosto devoniani) è un problema che non può avere che due soluzioni; o la fauna vertebrata non esisteva ancora, o se esisteva era così lontana da que' bacini che non vi era possibile trasporto di suoi avanzi. I geologi preferiscono la prima conseguenza; ma veramente noi non ne vediamo la ragione perchè nei mari profondi attuali non troviamo pesci nè detriti loro e pure sappiamo quanti di essi vi siano.

Se non che la fauna vertebrata già è alla sua aurora nella fine del siluriano, e si sviluppa nel *devoniano*.

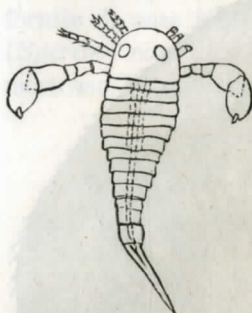



Fig. 47. Eurypterus remipes. Dekay.

Epoca *Devoniana*. — Tra questa e la precedente vi è una naturale fusione, la quale non disturba però la naturale successione degli esseri. Due creature assai distintive aprono questa nuova serie: una è la comparsa di crostacei analoghi a nostri gamberi con zampe e branche a modo di tanaglia (*Pterigotus, Euripterus,* Fig. 47), che conservando qualche traccia delle forme trilobiti si accostano ai crostacei attuali.

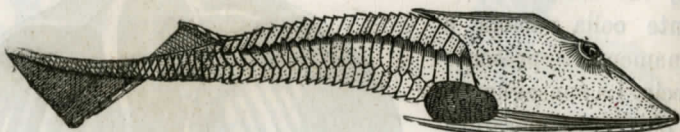



Fig. 48. Cephalaspis Lyellii.

L'altra è la decisiva comparsa de' pesci corazzati, con un potente scudo in testa, ed altri con una specie di armatura ossea simile alla armatura de' guerrieri del Medio Evo (*Cephalaspis Lyellii — Pterychtys Milleri*). Forme del resto colossali di 20 a 30 piedi di lunghezza di cui si è detto poco fa.

Ma, tra i pesci antichi e i moderni, vi è una notabile differenza. Gli antichi appartengono a quella classe che hanno la coda non simmetrica, tagliata obliquamente e prolungata nella sua parte superiore in cui seguita a correre la spina dorsale, e diconsi *eterocerchi* (Vedi Fig. 49), i moderni hanno per lo più la coda simmetrica, e la spina finisce col nascere della coda e diconsi *omocerchi* (Fig. 50). Come è ben naturale, la fauna meno elevata non fa difetto, e tutte le classi

di molluschi tanto univalvi che bivalvi sono ivi rappresentate, benchè di specie non identiche alle presenti, salvo pochi casi. Non mancano poi nè le spugne nè gli encriniti, nè i coralli, ecc. Benchè però in genere in questa formazione le rocce calcaree sono meno comuni e dominano le arenarie (*grès*) (forse perchè più littorali e meno lungi dai continenti).

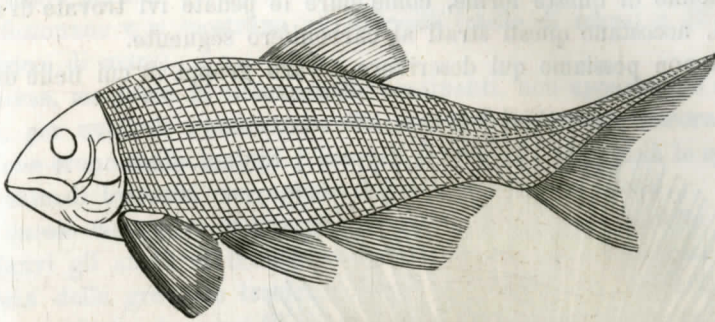



Fig. 49. Un Amblyterus ristaurato.

Questo terreno domina assai in Francia, Russia, America del Sud e del Nord, per nulla dire del suo classico centro, l'Inghilterra. Il predominio dei grès o arenarie annunzia dei continenti vicini, e in fatti sul devoniano s'incominciano a vedere degli insetti e dei vegetali

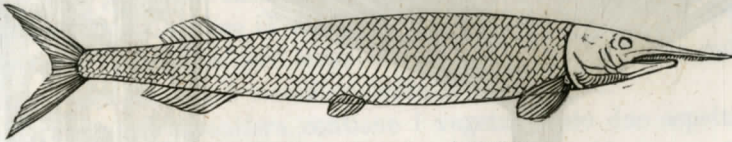



Fig. 50. Un Aspidorynchus ristaurato.

terrestri; *Neuropteri* ed *Efimere* gigantesche sono i testimonii che vi erano fiori, selve e terre popolate di animali respiranti aria libera che travolti nelle onde del mare vicino lasciarono in esso le loro spoglie.

Abbiamo qui anche molti vegetali sepolti, 50 specie e più di piante terrestri oltre 7 di alghe; queste piante sono di quelle che poi tanto si moltiplicarono nell'êra carbonifera, e le prime traccie di conifere. Il devoniano si trova in moltissime regioni del globo, e arriva alla potenza di 4 in 5 mila metri, e l'America è realmente la località tipica di questo terreno, che del resto è abbondantissimo nei due continenti, vecchio e nuovo, e nell'Australia. In generale la forma litologica è di un'arenaria (grès) tinta più o meno fortemente in rosso dal-

l'ossido di ferro, e intersperso di marne pure sabbiose. I fossili distintivi sono il *Cephalaspis* del genere dei pesci, e il *Pterigotus* dei crostacei. Pesci curiosissimi corazzati a larghe squame, fornite di tubercoli, come le tartarughe, e lunghi da 6 a 8 metri, forniti di denti parte da pesci e parte da rettili; traccie pure di rettili si avvisarono nel *Telerpeton elginense* creduto una salamandra. Se non che già alcune di queste forme, come pure le pedate ivi trovate di alcuni rettili, accostano questi strati al carbonifero seguente.

Noi non possiamo qui descrivere i varii gruppi in cui nelle diverse

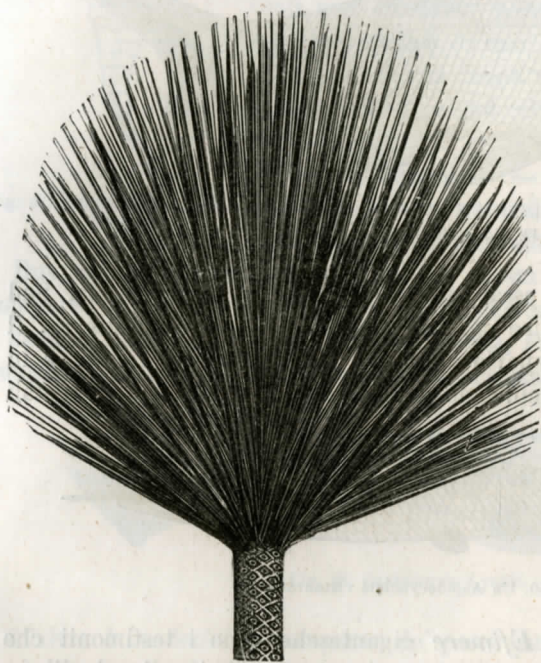
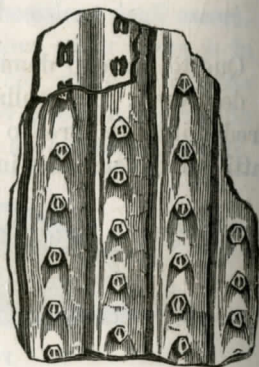



Fig. 51. Estremità di un ramo di Lepidodendron. Fig. 52. Sigillaria laevigata.

località fu divisa questa grande formazione, e ci basti averne accennato le forme caratteristiche. Osserveremo soltanto che vi si notano in America grandi banchi di coralli conservatissimi, e che vi si trovano ancora i trilobiti, ma sempre più rari, e che dominano nei fondi fangosi, ricchi di *Gonialiti*, cioè nautili a sifone dorsale. Per le piante le solite che vedremo nel carbonifero, *Lepidodendrum* (Fig. 51), *Sigillaria* (Fig. 52), e l'alga *Cauda-galli*.

Nel devoniano la vita ci mostra un passo ulteriore, cioè già sono manifesti i vertebrati marini; ma inoltre vi sono de' rettili e dei vo-

latili limitati, è vero, agli insetti, ma che non è provato mancassero veri uccelli, poichè la mancanza può dipendere da ciò che i continenti erano ancora lontani. Se ben si guarda il progresso dell'êra paleozoica, è quella di un mare che si vien facendo più superficiale e meno remoto dal lido, e già i rettili sono alla loro aurora. Così abbiamo in quest'epoca la comparsa de' tipi più perfetti degli invertebrati (*insetti*) e dei meno perfetti de' vertebrati (*pesci, rettili*). Anche le altre classi si perfezionano e si mostrano gli *astreidi* (stelle di mare) e gli *echinidi* (ricci di mare).

Siccome, malgrado la vicinanza de' continenti, non appariscono mammiferi, par naturale l'ammettere che essi non esistessero ancora o almeno che erano tanto lontani i littorali da non giungere colà le spoglie degli animali terrestri convogliate nelle acque de' continenti.

Da questo comparire improvviso di specie così alte e perfette senza che sianvi gli anelli di transizione, resta sempre più dimostrata vana la teoria della graduale trasformazione delle specie. I pesci tanto a squame smaltate che ossei (*Ganoidi*) fanno la loro comparsa coi pesci cartilaginosi (*Placoidi*), onde uno non può dirsi derivato dall'altro.

In quest'epoca il clima era più caldo, e nelle regioni polari si aveva temperatura tropicale, e anche in esso si ebbero le successive oscillazioni che permisero ai bacini di riempirsi fino ad enormi altezze.

Epoca carbonifera. — Questa epoca, oltre i soliti criterii di fossili animali suoi proprii, è caratterizzata da grandi depositi di carbone che la distinguono dalle altre in modo speciale. Ma il carbone non si trova già in tutta la serie de' suoi strati, ma solamente a preferenza nel carbonifero superiore che è manifestamente il più recente.

La formazione carbonifera contiene i vegetali sotto due aspetti ben differenti. Gli uni sono piante dritte e coi loro tronchi ancora talora sostenuti dalle loro radici, e di essi non rimane che un tenue strato carbonoso che veste questa specie di tubi rimasti al posto de' tronchi: in tali strati il carbone è assai scarso.

La parte più ricca è formata di strati compatti orizzontali e compressi in cui è sparita ogni traccia di figura vegetale, e sembra una pietra o uno schisto. In esso solo eccezionalmente si ravvisano le foglie e le tracce de' tronchi. Perciò due sono le qualità di terreni che in questa formazione attirano l'attenzione.

Ambedue le formazioni mostrano che la vegetazione fu terrestre, benchè non manchino in qualche sito depositi di vegetazione marina. Le due categorie de' terreni indicano due modi diversi in cui si diportò la natura. La prima ebbe origine da selve d'alberi d'alto fusto,

che radicati in terraferma, da principio venendo ad abbassarsi il suolo ed essendo coperto da sedimenti fluviatili o marini, seguitarono per un certo tempo a vegetare, benchè si venissero estendendo le acque nei bassi fondi; finchè troppo cresciuta la spessezza degli strati la loro vegetazione si trovò arrestata. Questi alberi erano vuoti talora (come i nostri), e vennero riempiti per disopra formando tronconi di depositi, in cui spesso trovansi batraciani e vermi ed altri animaletti nascosti. L'altra specie di formazione carbonifera si formò per deposito di vegetali erbacei, quali crescono nelle paludi e nelle regioni pantanose come le odierne torbe. Il deposito formato da molti anni di vegetazione di questa natura formò banchi di grande profondità; ma soprav-

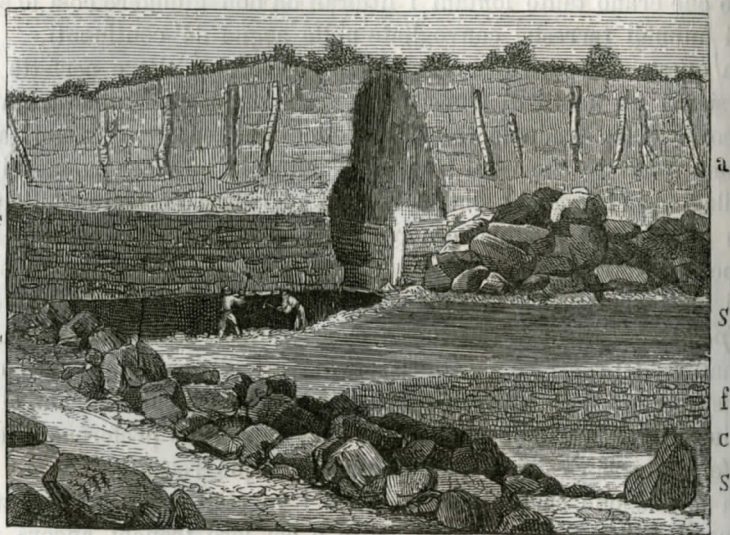



Fig. 53. Cava di carbon fossile del Treuil presso Saint-Étienne.

venuta una depressione del suolo o una inondazione fluviale qualunque, venne ricoperta quella torba da uno strato di fanghi e di arene che formarono il banco calcareo sotto cui rimasero sepolte le masse vegetali. In molti casi si complicarono le vegetazioni e insieme coll'erbacea e palustre ebbe luogo quella di alto fusto. Allora i tronchi di queste si trovano attraversare numerosi strati successivi di carbone e sedimento che alternano in scala molto numerosa (Fig. 53, lin. *a*).

In generale il fondo de' letti di carbone è *schistoso* cioè d'un fango indurito; lo strato che lo copre invece è *arenoso*. Ciò mostra che la palude fu il ricettacolo in cui si raccolsero i vegetali, e che cresciuti fino a certa spessezza, furono dall'inondazione arenosa ricoperti. Le

stigmarie (radici), si perdono negli schisti, le *sigillarie* (tronchi), si trovano nelle arenarie, attraversando i carboni. Questi strati alternati si contano fino a 17 in 1376 metri di terreno e in altri fino a 50 e 60 in 30 o 40 metri di deposito.

Nessuna legge si ha nella spessezza di questi banchi, variando essi da qualche metro di spessezza fino a pochi millimetri e a un foglio di carta. Si calcola però che uno strato vegetale fresco dovette avere almeno quattro o cinque volte l'altezza dello strato di carbone che ha lasciato. Laonde si capisce l'enorme quantità di vegetali che si dovette depositare per fare que' vasti banchi che ora ammiriamo, la cui estensione occupa gran parte dei continenti, e dalla gran Bretagna passano sotto il mare nel Belgio, e nella Germania, e in America occupano immense regioni (1).

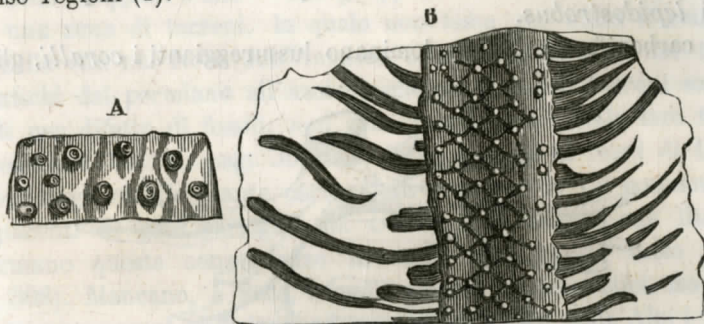



Fig. 54. Stigmaria ficoides, Brong.
A. Frammento che mostra la forma dei tubercoli radicali.
B. Moncone di stigmaria colle radichette e i tubercoli radicali.

Le specie di queste piante sono o perdute, o solo affini a quelle che ora vegetano nei climi tropicali, e in genere sono delle piante agame o acotiledoni come le felci, le equistacee e le monocotiledoni. Le felci sono però di una struttura arborea e colossale mentre le loro congeneri sono ora piante minute e meschine, almeno nelle nostre latitudini. Il clima pertanto si rileva che fu tropicale, e in genere questo si estendeva alle più lontane regioni fino ai poli in questa formazione, poichè le medesime piante si rinvennero all'isola Melville presso al polo, allo Spitzberg e all'equatore.

Le qualità di queste piante sono principalmente le seguenti: *Lepidodendrum* — *Calamites* — *Stigmaria* che non è che una radice delle *Sigillarie*.

Il *Lepidodendrum* (Fig. 51) era figura simile alla nostra palma a

(1) A pag. 252, vol. II, del *Corso di Geologia* dello Stoppani si può vedere uno specchio del modo con cui si alternano gli strati di sedimento cogli strati vegetali di carbone.

ventaglio, o meglio alla yucca, altre erano analoghe alle licopodiacee, con equiseti alti 5 a 6 metri.

La parte tipica è formata dalle Calamite, Sigillarie e Stigmarie. Le *calamiti* (da *calamus,* canna) col tronco cannellato, sembrano a tronco pieno e della classe dicotiledonare, ma differenti dalle moderne.

Le *Sigillarie* appartengono alle felci arboree e hanno tronchi di oltre a 20 metri d'altezza e 1 $^1/_2$ di diametro.

Le *Stigmarie,* credute piante a sè da principio, si riconobbero infine esser radici delle sigillarie (Fig. 55).

Le precedenti appartenevano alle piante *acotiledoni* o *crittogame.* Indi si rinvennero avanzi delle *dicotiledoni gimnosperme* e delle *conifere* riferibili ai generi viventi nell'Araucania, e si sono trovati perfino i frutti detti trigonocarpi, e le pannocchie dei *lepidodendrum* ossia i *lepidostrobus.*

Nel carbonifero inferiore dominano lussureggianti i *coralli,* gli *echinidi* (ricci di mare), le *cidaris*, i crinoidi. Numerosissimi sono i *testacei* che superano 1000 specie e non meno copiosi i *Nautili*, le *Ortocere* ed altre conchiglie concamerate. Cominciano a mostrarsi i *gasteropodi* affini ai viventi, ma invece i trilobiti si riducono a poche specie, ma sono in fiore pieno i brachiopodi. Tutti questi avanzi animali, come quelli delle piante, ci mostrano climi caldi. Queste formazioni sono comuni e molte specie identiche nel vecchio e nel nuovo continente. Anzi, benchè questo terreno sia comune ai due continenti, esso però è più che altrove sviluppato nell'America, ove si stende dalle montagne Appalachiane alle Rocciose, ed occupa quasi tutto il territorio degli Stati Uniti.

Fig. 55. Tronco di sigillaria con radice di stigmaria.

In Europa, l'Inghilterra, il Belgio, la Francia e la Spagna possiedono 18.518 miglia quadrate di carbonifero. Come pure la Germania ha immense ricchezze di questo prezioso deposito. L'Italia non manca del carbonifero, ma esso è scarso di carbone e appena se ne hanno depositi nel confine ora francese. I carboni nostri comuni sono di epoca

assai posteriore e di meno attiva vegetazione. Anzi si era creduto per un pezzo che il terreno carbonifero mancasse assolutamente in Italia; ma i recenti studi hanno smentito questa opinione. Il terreno carbonifero è grandemente sviluppato specialmente nelle Alpi e nella Savoia. Le regioni ove più èappariscente è tra Modane e S-t Michel in Savoia e nella catena del Grande e Piccolo San Bernardo. Questa formazione è ricca d'impronte di piante carbonifere, e ha molta antracite in luogo di carbone grasso; anzi in molti punti si ha sola grafite, ed impronte di piante trasformate in talco argentino. La flora è la solita, *lepidodendrum, calamite, sigillaria, felci,* ecc. (STOPP. v. II, p. 300).

Nel versante italiano le formazioni paleozoiche sono mascherate dal metamorfismo, ma non tanto da renderli irreconoscibili, e la convinzione dello Stoppani è che — nel gruppo sterminato delle Alpi centrali esiste una zona di terreni, la quale non teme per nulla il confronto con quella che nel Nord dell'America comprende la serie dei terreni più antichi dal permiano all'azoico, che se i singoli terreni sono indistinti per difetto di fossili, non sono perciò meno nella loro totalità rappresentati (Vol. II, pag. 306). — Nelle prealpi al Nord di Lugano una puddinga chiude piante carbonifere e antraciti. Le posizioni loro sottogiacenti ai grès variegati del *trias*, e la costituzione litologica confermano queste conseguenze in molti altri luoghi delle prealpi (pag. 308). Mancano, è vero, i fossili animali caratteristici, ma i fatti indicati sono per sè sufficienti ad ammettere anche nelle Alpi i terreni paleozoici.

A queste ricchezze delle produzioni vegetali nell'epoca carbonifera consuonano d'accordo i progressi della fauna che mostrasi ora decisamente terrestre e di acque dolci o salmastre, e il sig. C. Castracane ha provato che nelle ceneri del carbon fossile sono numerose le silici di diatomee d'acqua dolce. Le *pupe,* cioè conchiglie polmonari, e perciò viventi in terra, si manifestano nella *pupa vetusta:* gli anelidi sono rappresentati dagli *spirorbis*. I triboliti sono già scomparsi in Europa, e appena ve n'è traccia in America. Compaiono i *millepiedi (Xylobius sigillariae)* e gli scorpioni *(Cyclophtalmus Bucklandii)*. Gli insetti sono rappresentati dai neurotteri e dalle termiti edificatrici. I pesci sono frequentissimi e non meno di 150 specie tanto de' *Ganoidi* che de' *Placoidi* ne descrisse Agassiz, e già vi compariscono i primi *Sauroidi,* cioè pesci analoghi ai rettili. L'*Archaego saurus* fece la sua apparizione per rappresentare questa curiosa famiglia che doveva poi svolgersi nel *trias*. Animali curiosi e medii tra i *pesci,* i *sauriani (lucertoloni),* e i *batraciani (ranocchi).*

Le conclusioni più manifeste che emergono da questa minuta storia sono le seguenti.

Nell'epoca carbonifera dominavano i terreni costieri, e i bassi fondi che alternativamente si trovarono vestiti di lussureggiante vegetazione, e poi ricoperti dal mare, o da inondazioni successive. Un clima tropicale regnava per tutto il globo, coi vestigi di avanzamenti nella fauna che già mostrava i rettili e gli insetti e molluschi e vermi terrestri. Sepolte queste masse sotto grandi pressioni subirono il processo della carbonizzazione: il ferro si separò dal vegetale per un'azione chimica speciale, per cui il ferro sciolto nell'acqua coll'aiuto dell'acido carbonico si depone in forma di limonite e pisolite ricca di ferro, come vediamo spesso nelle attuali sorgenti ferruginose.

Questi fatti non sono lontani da quelli che succedono anche al presente. Le vergini foreste d'America ci mostrano a che enorme densità possa arrivare la vegetazione, e una di esse sepolte fornirebbe un banco non indifferente di carbone. Poterono in molti casi ancora formarsi dei banchi di carbone mercè il trasporto de' tronchi fluitati e galleggianti, come ora vediamo alla foce de' grandi fiumi, ma questi sono casi eccezionali e sempre il carbone vi deve essere sporadico e misto di depositi alluvionali; ma invece i letti di cui parliamo sono purissimi e mostrano una vegetazione quieta e stazionaria che visse per molti anni tranquillamente nel luogo dove fu sepolta. Tutto questo ha il suo parallelo nei terreni torbosi attuali, salva sempre la maggior copia e vivacità della vegetazione d'allora pel clima più caldo.

Ma l'êra carbonifera nel mentre che ci svela continenti, paludi ed estuarii, non ci svela ancora vertebrati terrestri dell'ordine de' mammiferi, e si arresta ai rettili. Dovremo forse dire che questo sia un caso, ma che essi mammiferi pure vi fossero e sospettare che la loro mancanza derivi da qualche causa accidentale, come fu detto delle formazioni precedenti pelagiche? Questo fatto negativo non può avere questa soluzione, perchè i mari di quest'epoca erano troppo costieri e non poteva essere a meno che se vi erano mammiferi qualcuno non ne venisse travolto al mare. Tutti quelli che noi abbiamo ci furono conservati appunto in fondo a tali seni e paduli: ora perchè *nessuno* si ebbe tal fatalità nell'epoca carbonifera? Le foci de' nostri fiumi, le nostre torbiere, sono piene di resti di mammiferi trasportati dalle onde; come solo nel carbonifero non si verificò mai tale trasporto? Questo argomento benchè negativo è assai parlante, e stante che abbiamo allora le tracce di alluvioni grandiose che han sepolto nel seno degli alberi incavati dalla vecchiaia, rane, juli ed altri animalucci, se nes-

suna traccia vi si trova di mammiferi, bisogna dire che essi *non esistevano*.

Tale è la conclusione a cui sono arrivati tutte i geologi, e mentre l'epoca carbonifera era ricca di una fauna gigantesca e rigogliosa, con clima umido e caldo, mentre formicolavano pesci, insetti e ranocchi anche colossali e alcuni sauriani, i mammiferi non erano ancora comparsi, e siccome esso terreno si estende in contrade vastissime, non è andare oltre il debito delle premesse il dire che essi non erano ancora usciti dalla mano del Creatore.

Epoca Permiana. — Presto ci spediremo da quest'epoca che è una di transizione tra la paleozoica e la mesozoica, o tra i terreni primitivi e secondarii. In essa non cessano i fossili carboniferi e già si manifestano i triassici. In questo cominciano ad apparire l'*Ostree* ora tanto comuni nei nostri mari, mentre mancano i trilobiti. Invece si moltiplicano i rettili e preludono alla seconda grande epoca che vedremo svilupparsi appresso dove essi regnarono da sovrani. Vastissima è l'area compresa da questa formazione; nel nuovo mondo e nell'Europa, singolarmente in Prussia, essa è estesissima andando dal Mar Bianco al Golfo Tcheskaia nel mar Glaciale e fino allo Spitzberg cogli identici suoi fossili, il che prova che la costanza del clima era ancora dominante.

LEZIONE X.

Era mesozoica o secondaria. Epoche triassica, giurese e cretacea.

Quest'êra comincia ad essere assai interessante per le nostre regioni, poichè ad essa riferisconsi le formazioni principali de' nostri Appennini e i nuclei de' nostri continenti. Essa si suddivide nei gruppi principali chiamati *triassico*, *giurese* (suddiviso in *liassico* e *oolitico*) e *cretaceo*. In questa le flore e le faune dell'êra precedente svaniscono, e nuove ne sorgono che erano appena accennate negli ultimi depositi del permiano che serve di legame alle due êre. I mari sono svariati e meno profondi, si manifestano molte spiaggie litoranee, e animali anfibii e

uccelli; vi sono tracce di mammiferi saccoccianti, e di cetacei, ma non ancora di mammiferi presenti comuni.

L'ordine di successione degli strati è deficiente qua e là, mostrando che varie terre erano già emerse, e vi erano estesi continenti; ma in genere l'Europa era un gruppo d'isole ancora separate da mari profondi. Così, per esempio, vediamo in varii siti che al terreno carbonifero succede immediatamente il calcareo detto del *Lias*, ma questa non è che una lacuna apparente, che prova soltanto come quel terreno rimase scoperto dalle acque nell'intervallo in cui in altri mari si facevano altri depositi intermediarii. Quindi tornò ad abbassarsi per ricevere altri depositi marini. Oltre al terreno permiano già indicato nella lezione precedente, si trovò nell'Austria primieramente, e poi in molti altri luoghi, che un' altra serie di terreni s'interpolava sotto al liassico, che fu chiamato il *trias*. Gli fu dato tal nome per essere distinto nettamente in tre gruppi: *marne iridate, calcare conchigliaceo, arenaria variegata*. Lo spessore di questi terreni è di 2500 a 3000 metri nelle prealpi italiane, e si diffonde in America, nelle Indie, nelle grandi Antille, ecc.

Le piante in esso contenute non sono più quelle dell'êra carbonifera, ma le analoghe alle *Cicadee* e i pesci sono *ganoidi eterocerchi* (Vedi sopra la definizione, cioè quelli in cui la spina dorsale si prolunga nel lobo superiore della coda), specie di pesci che sempre sta sotto al giurese. Classico è in questo terreno il rettile Labyrinthodon e da esso si può riconoscere.

Le qualità litologiche di questi terreni, sono ordinariamente le arenarie rosse (*new red sandstone*) alternate con macchie di marne verdi, azzurre e gialle, e varii conglomerati, ma con grande scarsezza di calcari. Quindi il nome di variegate, i cui colori e struttura s'incontrano anche in America malgrado la distanza. I conglomerati sono formati dai detriti delle rocce cristalline che dovevano esser allora emerse, come pure alcuni degli strati paleozoici.

Nel trias cominciano a mostrarsi i gessi e i grandi depositi di sal gemma, e copiosi sono gli strati di carbon fossile, ma di piante diverse da quelle dell'êra carbonifera. L'origine del sal gemma non è che il deposito cristallizzato di masse d'acqua salsa evaporate. Tali masse sono state separate dai mari grandi nel sollevamento de' continenti. Le acque isolate di grandi bacini salati concentrandosi successivamente per evaporazione, finirono con cristallizzarsi, come avviene nelle nostre saline. Simili bacini sono attualmente il mar Caspio, il lago d'Aral, il mar Morto. Tali erano i *laghi amari* dell'istmo di Suez. Se non che a sup-

plire banchi di sale così potenti come si osservano in certe miniere di Polonia, Sicilia e Calabria, ecc., non è necessario supporre che questi mari fossero di enorme profondità e capaci di contenere l'enorme quantità del sale deposto tutto simultaneamente, poichè ogni porzione di sale solido suppone 97 d'acqua marina evaporata. Basta supporre che di tanto in tanto i bacini fossero invasi da inondazioni del mare libero che suppliva le acque a mano a mano che evaporavano come appunto accade in alcuni laghi salsi africani. Queste inondazioni periodiche sono provate dagli strati successivi di sabbie e fanghi che dividono i varii letti di sale e sono fenomeni che si sono riprodotti fino a' giorni nostri nei laghi amari d'Egitto e d'altri bacini separati temporaneamente per dune dal mare. Siccome non tutti i sali cristallizzano allo stesso grado di concentrazione, così essi si precipitarono in diversi strati. Così i sali di calce sono i primi, e vengono quindi il cloruro sodico, i solfati di magnesia, i clorati di potassa, ecc., così si hanno strati di sali diversi sovrapposti come nelle miniere di Germania e di Polonia. In Francia, a Vic e Dieuze, questi letti di sale arrivano fino a 8 e 10 metri di spessezza, e sono alternati con le rocce di altri sedimenti in modo che in 650 piedi di spessezza si hanno in complesso 180 piedi di sal gemma.

Il gesso ancor esso è un sedimento assai ricco nel trias; molti gessi nascono da sorgenti di acque cariche di acido solforico che sciogliendo i carbonati di calce formano i gessi, sostituendo l'acido solforico al carbonico. I colori di queste rocce mostrano già molti minerali sciolti dalle acque come il ferro pel rosso, il rame pel verde, ecc. Anche attualmente sorgenti debolmente cariche di acido solforico passando per terreni calcari formano il gesso, che solubile come è nell'acqua va poi a depositarsi lontano in fondo ai bacini.

La diminuzione del sale dal mare per mezzo de' mari interni disseccati è una cosa sommamente provvidenziale per conservare il grado giusto della salsedine de' mari, senza ciò il mare sarebbe troppo salato, e col tempo diverrebbe inservibile; ma questo equilibrio dipende da cause che sono tanto estranee all'ordine naturale che sembrano accidentali anzichè regolari: se a noi paiono accidentali ciò é solo per nostra ignoranza. Nelle leggi eterne era previsto l'inconveniente, ma era anche previsto che colle oscillazioni del suolo il sale sarebbe stato intercetto: quindi esso fu dato in copia maggiore del bisogno perchè non se ne sentisse mai difetto. Come poi si potesse calcolare questo giusto equilibrio questo è ciò che l'umana scienza ignora, ma ben lo sa chi così volle e fissò.

È un fatto molto notato dai geologi che in genere nel trias, salve

certe regioni, la vita è scarsa; e così dovea essere in depositi formatisi in mari eccessivamente salsi, o carichi di fanghi e materie minerali e saline eccessive. Ciò combina con quanto vediamo oggidì nel Mar Morto e negli altri mari eccessivamente carichi di sali, e perfino dentro certi pozzi di mare circoscritti da alte catene di montagne, dove mancando le correnti l'acqua e l'aria non si rinnovano, e la vita fa difetto. Così si trovò già scarso di viventi dagli scandagli degli Inglesi il nostro Mediterraneo centrale. Cessati i depositi di sale e delle materie minerali sciolte, ritornando il carbonato di calce ritorna la vita.

La vita terrestre in quest'epoca era assai sviluppata. Ne fanno fede non solo i letti di carbone, ma l'impronta de' piedi di molti animali de' quali pure mancano gli scheletri. Il mare non era meno popolato.

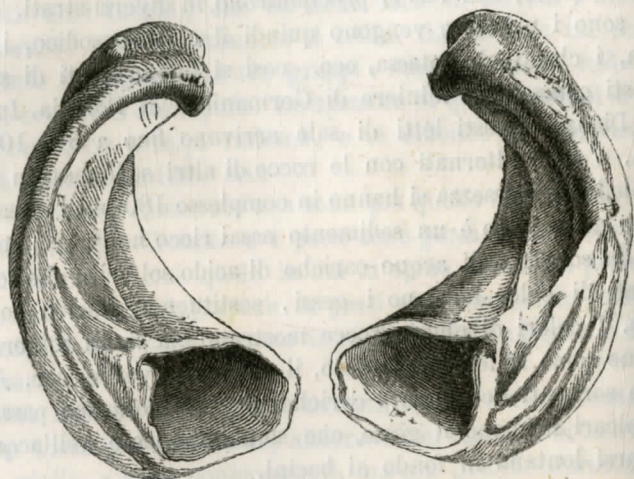



Fig. 56. Dicerocardium Jani, Stopp. (colle valve staccate).

Copiosissime sono le *spugne* (amorfozoarii) che fanno depositi immensi, di cui non abbiamo idea nei tempi attuali. Caratteristico del terreno è l'*Encrinus entrocha,* a forma di un giglio elegante, sostenuto dal suo stelo, che è copiosissimo. Fra le conchiglie, v'è lo *spirifer*, la *lingula* e la *terebratula*. I fossili che lo caratterizzano sono tra i molluschi, i brachiopodi; e tra gli acefali (bivalvi), la *myriofora lineata* è comunissima. Curiosi sono i *gastrochaeni* animali che forano le pietre e i fondi sabbiosi e di cui si trovano le guaine o gallerie in copia assai (Fig. 17). Caratteristici sono i *dicerocardium* che si direbbero due conchiglie univalvi unite per la bocca (Fig. 56) e che arrivano a dimensioni enormi con diametro di circa 40 centimetri.

Speciali a tutta l'êra mesozoica sono i cefalopodi nella famiglia spe-

cialmente degli *ammonitidi*, mentre invece scarseggiano gli *ortoceratitidi* che si sparsero nell'êra paleozoica, e al fine svaniscono dopo il trias. Gli ammonitidi, per quanto vogliansi una derivazione del tipo delle *ortocere*, sono una famiglia a sè caratteristica per le sue camere e per i suoi ornamenti bizzarri di cui sono decorate le superficie. Noi non conosciamo gli animali ma solo i gusci, ed è naturale che enormi variazioni di quelli accompagnassero i capricci e i giuochi di figure di queste. La loro definizione è questa. L'ammonite è una conchiglia discoidale, formante una spira regolare rotolata sullo stesso piano a giri contigui, e concamerata come il nautilo, ma i cui diaframmi sono pieghettati in mille guise a foggia di fogliami intricati. Il sifone di comunicazione tra le cellule è sul dorso della conchiglia e non nel centro dei diaframmi (Fig. 57, 58).

Nella diversa strettezza in cui sono avvolte lo spire, e dall' essere

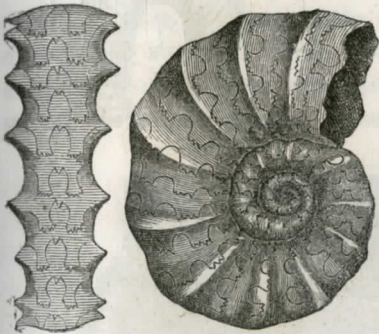



Fig. 57. Ceratites nodosus.

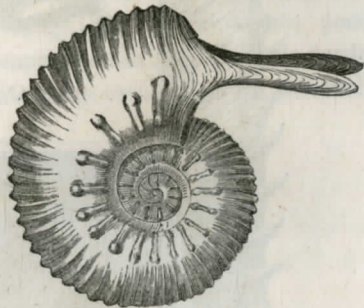



Fig. 58. Ammonites Jason.

più o meno completo l'attorcigliamento, o anche ridotto a semplice arco o linea curva, han luogo altre specie, riferibili allo stesso tipo, ma che compaiono solo negli strati più tardivi del giurese e della creta, quali sono lo *scaphites*, *ancyloceras*, *baculites*, *ptychoceras*, *toxoceras* (Fig. 59, 60), che sono tanti ammoniti più o meno attortigliati o anche semplicemente curvati o pure anche dritti, con tutte le varietà che nascer possono dall'essere le spire su di un medesimo piano o fuori di esso.

La natura sembra essersi compiaciuta di variarie all'infinito queste forme in quest' epoca e poi romperne la stampa per sempre. Questa categoria di tanti e sì diversi animali è uno de' fatti più curiosi che mostra la mutazione de' viventi che ha subito il globo; talchè nessuna sorpresa dobbiamo avere più di vedere immense famiglie sparire e ve-

nire da altre completamente sostituite. Così appunto sono scomparsi ora i trilobiti già tanto comuni nell'êra paleozoica.

I pesci sono abbastanza numerosi, placoidi e ganoidi coi primi lepidoidi: onde si vede che oltre i mari sterili vi eran anche altri ricchi di viventi numerosi.

Ma una delle curiosità geologiche di questa epoca sono le impronte di piedi di certi animali di cui non conosciamo che imperfettamente la struttura, ma che non possono mettersi in dubbio. Alcune di queste

Fig. 59. Ancyloceras matheronianus, d'Orb. (Neocomiano superiore).

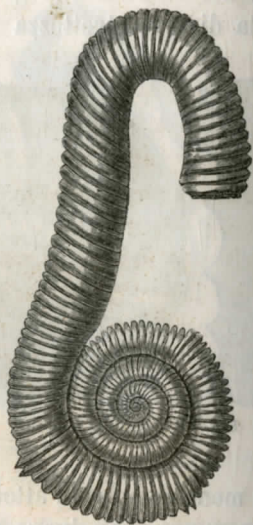



Fig. 60. Scaphites Yvanii, Pusoz. (Neocomiano superiore).

impronte rassomigliano quelle di mani colossali. Le impronte erano trovate nello spaccare grandi lastre di schisto, e in una si vedeva il rilievo nell'altra l'incavo (Fig. 61). Esse erano di due specie cioè due grandi e due piccole alternantisi regolarmente in guisa che era impossibile negare che quelle erano le impronte dei piedi di un quadrupede. Lo studio delle specie affini presenti rivelavano dover esser quelle le impronte di un colossale batraciano; ossia di un animale analogo ai rospi o della specie delle *rane* (Fig. 62). Altre impronte sono state

poscia trovate di animali diversi e specialmente di uccelli, nonchè di gocce di pioggia e delle crespe dell'onde. Questi fatti sono importantissimi perchè ci mostrano lo stato della superficie terrestre abitata da quegli animali. Esse ci mostrano che ivi esistevano bacini d'acqua le cui sponde melmose, ma sufficientemente resistenti, ricevettero e con-

Fig. 61. Orme di Labyrinthodon.

servarono l'impronta de' passi delle belve non meno che delle violenti cadute di pioggia e delle onde che le agitarono ; come al presente vediamo. Uno strato di sabbia o di altra fanghiglia sopravvenuto poco dopo coprì quelle orme destinate a ricomparire alla luce del sole tante miriadi di secoli appresso. Si sono trovate delle ossa di questi colossali

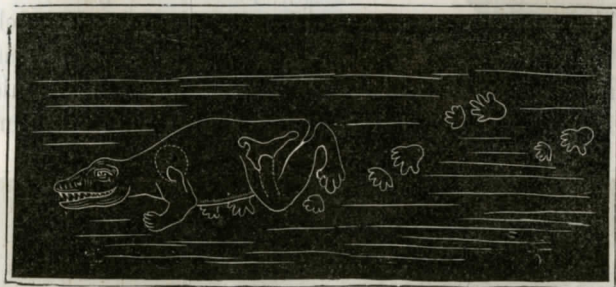



Fig. 62. Labyrinthodon pachignatus, ristaurato da Owen.

ranocchi, le cui piante misuravano 30 a 60 centimetri di larghezza; già tre specie si sono distinte e classificate sotto il titolo di *labyrinthodon*. Molte migliaia di tali impronte raccolte studiosamente nel Massachusetts e nell'Inghilterra hanno dato più di 30 specie di crostacei, vermi, od insetti, e 50 specie di rettili, tartarughe o rane, e 30 di uccelli che sono i primi comparsi sulla terra, o, per meglio dire, i primi che a noi sono noti. La maggior parte di questi uccelli si credono analoghi agli struzzi ma erano di dimensioni colossali (Figg. 63 e 64). Le loro impronte sono di 3 dita anteriori con un 4° posteriore della lunghezza talora di 40 centimetri. Anche adesso gli struzzi al

ritirarsi della marea corrono sulla melma bagnata a cibarsi de' rettili che il mare vi lascia ritirandosi, e le impronte de' loro piedi forse passeranno all'esame de' futuri geologi.

Da ciò concludiamo che nel trias vi erano già animali assai perfetti, rettili sauriani, uccelli, insetti, acque salmastri o dolci, e bassifondi marini.

Fig. 63. Orma di uccello e impronta di gocce.

Questo periodo avendo accumulato ben 300 piedi di schisti ad impronte si vede che il terreno andava mano mano scendendo e preparando nuovi vergini strati agli animali su cui improntare le loro orme, prendendone i materiali dalle circostanti rocce cristalline degli emersi continenti. Le piante e i coralli dànno dappertutto un clima caldo e tropicale ed uniforme anche qui, dalle regioni polari alle equatoriali.

Variata era dunque in quest'epoca la superficie del globo, e diversi i depositi. La quarzite del Cenisio appartiene a questo terreno dell'arenaria variegata, e con essa i grandi strati forati nel cunicolo così deserti di fossili. Ma il curioso si è, che mentre sono così sterili in un

Fig. 64. Orme di uccello sopra strati triassici del Connecticut.

sito, essi sono copiosissimi a non grande distanza. In Italia la fauna triassica è molto sviluppata in un piccolo borgo delle Alpi tirolesi detto S. Cassiano presso Bolzano, ove gli strati degli schisti argillosi sono ricchi di una fauna variata ed elegante oltremodo e spettano alla base del trias superiore. Gli strati di Raibl e di Esino sono ricchi di fossili così conservati che mostrano fino i disegni di nero pigmento. Gli

strati superiori di questa formazione sono composti di calcare dolomitico, cioè di un carbonato di calce misto a magnesia, facendo così un passaggio ai terreni giuresi. Donde viene la magnesia nelle dolomiti? Si sa ora che i coralli hanno una gran dose di carbonato di magnesia:

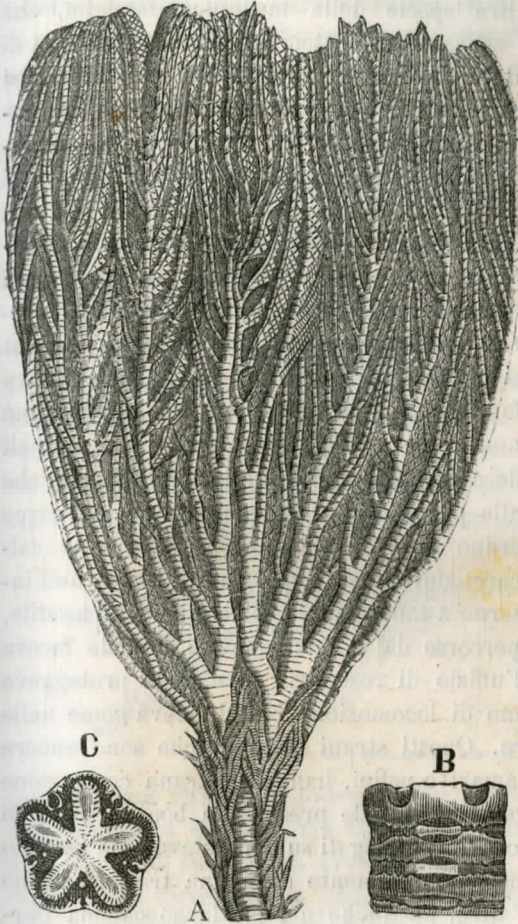



Fig. 65. Pentacrinus fasciculosus, Schlot. (Lias).
A. Testa o calice. B. Entroco, o moncone di più articoli.
C. Faccia, o stella articolare.

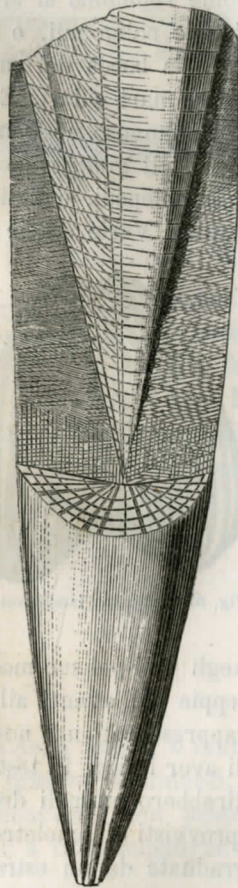



Fig. 66. Belemnites quinque sulcatus. Blain.

questo è l'elemento della dolomite, dunque essa nacque dalla distruzione corallina. La varietà grande di questi depositi mostra un continuo cambiare di mari e di depositi di cui ora non si ha idea.

Epoca Giurese. — Uniremo nella giurese il lias e l'oolitico. In questa si hanno depositi che confinano coi precedenti, ma presto se ne

separano. Sono numerose le *spugne* (amorfozoarii) a scheletro non corneo come le attuali, ma a scheletro calcareo. Banchi enormi di corallo di 50 metri di spessezza, che in Inghilterra fu detto *coral rag*, attraversano tutta la Lombardia. Selve di *Pentacrini* popolavano il fondo de' mari con molte altre specie della medesima famiglia, che come vedemmo si ergevano sopra un esile stelo o colonnetta formata di rotelle poligonali, e sormontate da 5 o più braccia nel cui interno si apre la bocca del curioso animale (Fig. 65), tutti prodotti che annunziano mari chiari. Essi vegetevano sui fondi calcarei, e delle inondazioni fangose ne hanno sepolte le selve (Bradford e Wurtemberg): i loro steli giungevano fino a 2^m di altezza. Fra i molluschi son più rari i brachiopodi, e limitansi a due generi mentre prima erano abbondantissimi. Varie specie sussistono ancora de' precedenti terreni fra gli echinodermi, i gasteropodi ed acefali. I *cefalopodi* concamerati sono ricchissimi, e qui si mostra per la prima volta una nuova famiglia, quella delle belemniti che ora più non si trova (Fig. 66). Sono questi animali de' cefalopodi analoghi alla nostra seppia, che alla parte posteriore e puntuta del corpo erano guarniti di una specie di cono calcareo durissimo, e sporgente, cavato nell'interno a tante cellule come quelle del nautilo, percorse dal sifone, che all'animale faceva l'uffizio di rostro di nave, e lo proteggeva negli urti pel suo modo strano di locomozione che si faceva come nelle seppie dall'avanti all'indietro. Questi strani animali, che sono ancora rappresentati nei nostri calamari e polipi, hanno la strana costruzione di aver i piedi in testa, e l'apertura anale presso alla bocca: onde si direbbero animali del tipo comune ripiegati su loro stessi! Ma essendo sprovvisti di scheletro non possono realmente dirsi una trasformazione graduata da un estremo all'altro, nè anche nel più largo sistema Darwiniano.

Fig. 67. Aptychus lamellosus, Voltz.

Tra i crostacei l'*aptychus* (Fig. 67) è carattestico del giurese e nasce e finisce con esso: questi animali doveano esser analoghi alle nostre *anatifere*, che sono provviste di più valve, le cui forme sono variatissime.

Insetti e farfalle mostrano che vi erano continenti non lontani. Numerosi erano i pesci, ma non si trovano traccie di quelli oggidì tanto diffusi come le anguille, salmoni, pesce spada, luccio, ecc., dell'ordine de' *cicloidi ctenoidi* e *pleuronectidi*.

Invece enormi e frequentissimi erano i rettili. Questi formano la fauna caratteristica di quest'epoca. Il loro tipo generale era quello di enormi lucertole e di cui nulla ora resta tranne un lontano rappresentante il coccodrillo, ma anfibio e perciò fornito di zampe, mentre i rettili d'allora eran esclusivamente oceanici, e perciò erano forniti di natatoie, lunghe code, moltissime costole, enormi dentiere. Talora colla testa congiunta al torace come i pesci (*ittiosauro*, Fig. 68), talora con enorme collo a foggia di serpente (*plesiosaurus dolicho-*

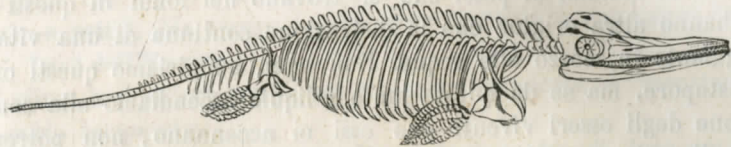



Fig. 68. Ichtyosaurus ristaurato.

deirus, Fig. 69), talora con collo e coda enormi, e corazzati sotto e sopra (*teleosaurus*, Fig. 70), e perchè nulla mancasse alcuni con membrane espanse come i pipistrelli giganteschi di 2 metri di largo (*pterodactilidi*, Fig. 72). Talchè in questo solo tipo noi vediamo tutte le varietà di forme che noi abbiamo nei moderni vertebrati. Queste molteplici suddivisioni ci fanno vedere che la faccia della creazione era

Fig. 69. Plesiosaurus ristaurato.

cosa svariata quanto la presente nella molteplicità delle forme, e unità della struttura dei tipi, ma tipi tutti diversi dai presenti dominanti. I mari di quell'epoca non avevano balene, non lamantini, non pescecane, nè le terre ancora mammiferi: questi rettili a tutto supplivano.

Fig. 70. Teleosaurus o gaviale del lias, ristaurato da Owen.

Ma dalla loro struttura si rileva una economia della natura assai singolare. Le loro enormi dentiere li mostrano voracissimi, e banchi interi di coproliti (escrementi pietrificati) e grossi strati pieni di minuti frammenti, avanzi d'altri animali minori, mostrano che una stessa legge

reggeva la natura vivente che adesso e che il pesce grosso d'allora mangiava pure il minuto. Ma per nutrire tali mostri, il mare dovea esser popolatissimo, e dovea formicolare di viventi fitti quanto le aringhe e le acciughe del tempo presente. Nè ciò è incredibile. Il clima più caldo rendendo estremamente prolifiche le razze, era mestieri di compensazione efficace che moderasse la troppa vita e questi mostri di 10, 20 e fino a 30 metri di lunghezza e grossi in proporzione erano gli organi destinati a mantenere l'equilibrio delle razze minori. I banchi immensi di rottami di pesci che si trovano nei fondi di questi mari non hanno altra origine che la distruzione continua di una vita lussureggiante in mezzo alle acque. Noi, oggi, ammiriamo questi ossami con istupore, ma se da queste mute reliquie ascendiamo alla contemplazione degli esseri viventi che essi ci accennano, non potremo a meno di restare storditi alla potenza animata che essi suppongono.

Fig. 71. Dimorphodon macromyx. Owen (Lias inferiore).

I continenti non mancavano, ma abitati anche essi da strani uccelli aventi le code formate di lunghe serie di vertebre come nei quadrupedi comuni e fornite di lunghe penne (l'*Archaeopteryx* di Baviera).

In quest'epoca cominciano i mammiferi, ma del genere de' marsupiali (*Microlestes*) e perciò delle classi meno avanzate, che diventano numerosissimi al fine di essa, tanto da registrarne molte specie, però tutte piccole in genere. È da avvertire che di queste faune non altro ci restano che gli avanzi delle forme principali : le minori sono sparite : tutto ciò che non aveva una struttura solida come osso, o testa o tubo calcareo è sparito. Quindi è difficile risalire al ristauro di quelle creature ; ma nel loro tanto che ci mostrano ne resta a sufficienza per far vedere un mondo diverso dal presente negli inquilini, ma identico nelle leggi.

In quell'epoca l'Europa era tutto mare salve poche isole. L'Italia si riduceva a qualche isola granitica alle estremità nord e sud verso la Calabria e la Sicilia, circondata da frangie paleozoiche e che formava la corona delle parti delle Alpi più elevate, e intanto si deponevano quegli strati che doveano un giorno formare le eccelse vette dell'Appennino. La Germania era mare profondo costeggiata dalle sponde di pochi antichi terreni emersi nella Gran Brettagna e nella Russia.

In alcune regioni dell'America pare che i mari giuresi invadessero le regioni che erano state già altra volta emerse e avevano nutrito foreste e rettili. Ma troppo incerte sono tuttavia le cognizioni intorno a ciò fuori dell'Europa.

Il clima era ancora uniforme, ma meno tropicale, e caratterizzato per caldo temperato.

Le due epoche giurese e triassica si fondono tra di loro pei fossili

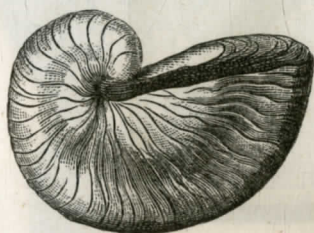



Fig. 72. Griphaea arcuata. Lk. (Lias inferiore).

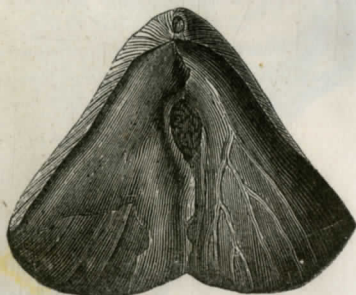



Fig. 73. Terebratula diphya, Colonna. (Oolite superiore, Titonico).

in modo che è difficile il dire dove una finisce e l'altra comincia, ma ciò non toglie una vera separazione.

Il giurese si distingue in due principali sezioni: Il lias e l'oolite. Il lias è talora un calcare semplice, talora un calcare argilloso, o un calcare con marne e con argille, l'inferiore è caratterizzato dalla *gryphea arcuata* (Fig. 73), il lias medio dagli ittiosaurii, il superiore dalla *Posidonomya,* con ammoniti nel calcare rosso.

L'Oolite è un terreno variato assai ma così detto perchè vi dominano depositi calcarei granulosi ovali e arenarie calcaree, e i suoi fossili distintivi (Fig. 74) sono numerosi, per le cui distinzioni V. Stoppani, Capit. XX.

Cretaceo. — Col nome di formazione della creta s'intende da geologi un terreno di sedimento composto di calcarea per lo più terrosa; e con ciò il nome geologico si discosta dal senso volgare in cui per *creta* s'intende l'*argilla.*

Questa formazione è estesissima, e presenta caratteri fisici assai diversi, benchè sia quasi identica pei fossili. Così nella Francia, nell'Inghilterra e nelle immense regioni della Russia fino alla Crimea e nell'Asia, il cretaceo è granuloso e mostra una debole coesione: si

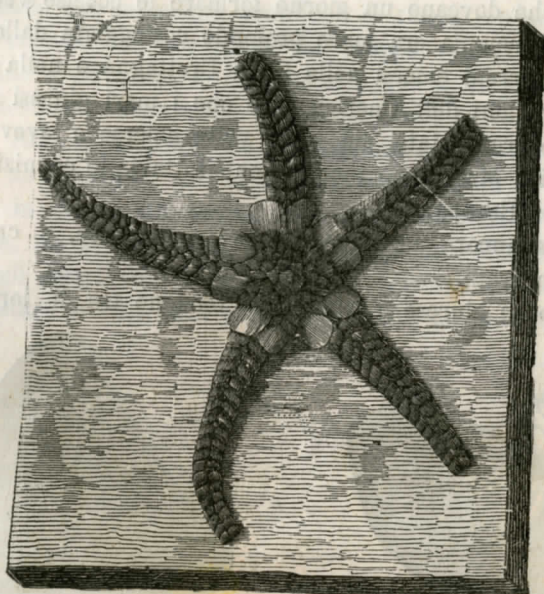



Fig. 74. Palaeocomia Fustembergii.

trovano in esso molti noduli di silice, e grani di ferro epatico. Negli Appennini invece ed altri siti è compatto, e a straterelli alternanti di *silice* o focaia e altrove a strati alternanti di argilla.

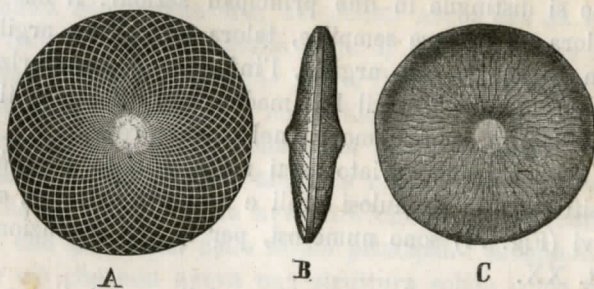



Fig. 75. Orbitoides media.
A. Sezione orizzontale. B. Profilo. C. Disco.

Tra i fossili caratteristici sono gli *echinodermi* (Fig. 74, 78), le *foraminifere* (Fig. 75), e le *rudiste*, che formano due classi di *ippuriti*

(Fig. 76) e *sferuliti* (Fig. 77) di questi vi sono grandi depositi da noi nei monti Lepini. Le suddette conchiglie hanno qualche affinità colle ostriche, hanno un corpo conico fornito di coperchio, e sfrangiato assai all'esterno e vivono in gruppi di famiglie. In molti siti si trova la creta formata di minutissime conchiglie e altri gusci di animali, detti foraminiferi, e affatto microscopici.

Nessun mammifero terrestre vi si è trovato, benchè abbondassero gli estuarii, e si abbiano mammiferi acquatici del genere delle balene. Nel Weldiano si hanno estuarii ben definiti di 300 chilom. di lunghezza,

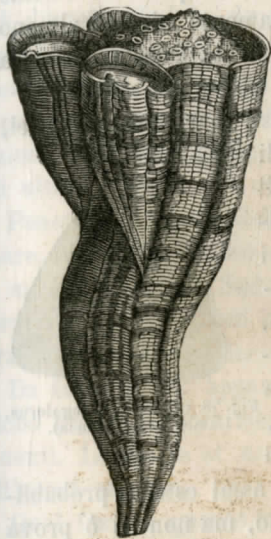



Fig. 76. Hippurites Toucasiana. (Turonien d'Orb.).

Fig. 77. Radiolites alata, d'Orb. (Sénonien).

cioè quanto ha il Gange attuale, ma nessuna traccia è in essi di mammiferi terrestri. Ora essendo gli estuarii i depositi naturali più ricchi di ossa di animali terrestri, la loro assenza in quest'epoca è più che un argomento negativo: esso porta a concludere che essi non esistevano ancora.

Il clima è subtropicale e dominano le piante monocotiledoni e acotiledoni, e non si trovano le dicotiledoni. La lignite di quelle piante si estende anche sotto il circolo polare, a 71° nella Groenlandia, onde colà vegetarono quelle piante ora tropicali.

Le recenti ricerche sulla costituzione del fondo de' mari profondi

hanno mostrato che essi hanno grande analogia colle formazioni cretacee. Questi fondi sono sparsi di fanghi simili al deposito degli strati cretacei, e la separazione degli strati o noduli silicei si crede un semplice risultato di un'operazione moleculare dell'acqua sui deboli organismi marini, che sotto forti pressioni coll'azione dell'acido carbonico sciogliendo i carbonati calcari, e lasciando i silicei e ferruginosi questi precipitati al fondo formano quelle masse silicee. Tali sono i foraminiferi, gli ursini (ricci di mare), le diatomee, ecc. I fanghi rossi dànno origine agli schisti ferruginosi che si trovano nei terreni cretacei e quel ferro sarebbe raccolto dalle quantità infinitesime di questo metallo che entrano in tutti gli organismi viventi.

Il periodo dell'era *mesozoica* è stato più variato dei precedenti come appare dal detto, ma la sua durata è comparativamente minore, almeno per quanto può giudicarsi dalla spessezza degli strati. Questa spessezza va a 6500 m. cioè a $^5/_{13}$ del paleozoico.

Sarebbonsi avuti adunque in quest'epoca vasti mari mediterranei, disseccatisi e che lasciarono i vasti depositi di sal gemma: una fauna speciale degli ammonitidi e belemnitidi, e in genere dei cefalopodi pei molluschi con conchiglie speciali: de' sauriani per i vertebrati. Questi caratterizzano l'epoca e la distinguono da tutte le altre in modo assai netto, benchè si abbiano agli estremi inferiore e superiore de' molluschi che indicano una graduata trasformazione de' mari, e delle relative faune, tanto degli anteriori paleozoici che dei posteriori neozoici. Terre ferme non mancavano e anche assai estese, probabilmente ora sepolte sotto i letti dell'attuale Oceano, ma non vi è prova che fossero popolate di mammiferi perfetti e solo dai meno perfetti cioè i marsupiali. Non pochi uccelli si ebbero, e questi compaiono senza transizione tutti ad un tratto, senza quegli anelli che potessero far sospettare una trasformazione di una specie nell'altra. I mari erano popolati di Balene. Molti di que' continenti ebbero oscillazioni ripetute, e si formarono molti mari chiusi e ricchi di sali nocivi alla vita, onde i loro resti vi sono scarsi.

Fig. 78. Galerites albogalerus, Lamb. (creta bianca).

Il gran fatto di faune perite e rinnovate con specie e generi affatto diversi comincia ad essere già assai ben provato, e lo vedremo anche meglio in appresso. Le faune intere si cambiano nei lunghi periodi geologici, come nei più corti cambiano le specie, come nei brevissimi cambiano gli individui. Se non che questi sono derivati l'uno dall'altro;

quelle invece appariscono istantaneamente e senza traccia di trasformazione.

L'assenza de' mammiferi superiori è abbastanza provata per poterne concludere che essi non esistevano ancora: e benchè possa parere un'audacia lo stabilire ciò dietro il piccolo spazio del globo studiato finora, tuttavia il fatto è troppo frequente, le ripetizioni troppo ben distinte, le circostanze di assenza troppo caratteristiche, e l'estensione in cui si verifica troppo vasta per crederla un semplice caso o una cosa accidentale. Ciò sarà più manifesto dall'epoca seguente.

Il lias si deponeva in mari generalmente tranquilli.

Il cretaceo si deponeva in un mare dove il giurese formava già isole, perchè esso si estende attorno a que' centri in perimetri sempre più dilatati. Così le cime cretacee del Monte Gennaro erano emerse quando si formavano in seno alle onde i depositi che costituiscono i monti Lepini. Le lacune dove i terreni cretacei coprono direttamente i paleozoici, mostrano che questi erano sollevati all'epoca delle deposizioni degli intermedii, e perciò si abbassarono di nuovo per ricevere gli ultimi depositi più recenti.

Penetrandosi bene del principio che un deposito marino suppone un mare, il mare cretaceo era più esteso nel continente settentrionale che il mare attuale del Sud: ci manca il riscontro di che cosa fossero allora coperte le regioni australi: forse ivi erano terre vastissime, come ora sono nelle boreali.

Da tutto questo apparisce che si va preparando, lo stato attuale del globo fino dall'epoca mesozoica. Le isole si dilatano per diventare continenti. Le specie si accostano alle presenti e un altro passo porterà all'epoca attuale.

Qual fosse e quanto lungo questo cammino lo vedremo nella seguente lezione.

LEZIONE XI.

Era neozoica o terziaria. Epoche eocenica, miocenica, pliocenica.

Nelle due lezioni precedenti abbiam veduto l'ordine de' viventi che ci si presentavano come i primi abitatori del globo terrestre, ma furono essi realmente i primi? o non piuttosto sono soltanto gli avanzi dell'ultima grande rivoluzione preceduta forse da altre innumerevoli? La nostra scienza non può rispondere a questo quesito, ma quello

che c'insegna questo immane periodo di secoli scorsi ed analizzati, si è che le specie erano, nel loro genere, perfette, diverse bensì dalle presenti, ma nel loro ordine affatto complete, e che la serie degli animali era divisa come la fauna presente negli stessi ordini principali, cioè di radiati, di anelidi, di molluschi, di crostacei e di vertebrati. I primi fossili ci presentano tracce di mari profondi ove trovasi solo la fauna ascendente degli animali marini fino all'ordine de' crostacei che tra gli anelidi sono i più perfetti. Se mancano vertebrati ciò può derivare dall'esser que' fondi troppo lontani dai lidi, e troppo profondi que' mari, perchè neanche al presente vivono i pesci nelle grandi profondità dell'Oceano.

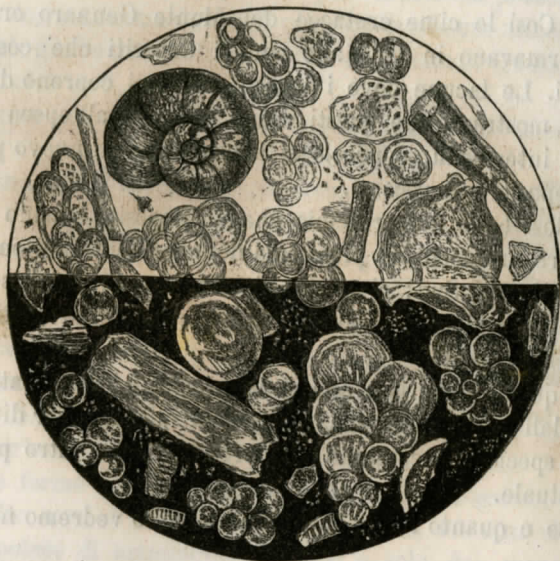



Fig. 79. Foraminiferi della creta bianca di Meudon, fortemente ingranditi.

Ma presto i vertebrati compariscono sotto l'aspetto di pesci strani e corazzati, ma colossali e voracissimi per insegnarci che in que' vasti mari formicolava la vita e la lotta per l'esistenza. Scheletri spolpati non ci mostrano che parti solide, ma ben da questi possiam comprendere che immensa vita era diffusa in quegli oceani. A che fine quelle dentiere, se non per divorare, quelle corazze se non per difendersi nelle lotte? Tutto dunque ci mostra copiosa la vita. Gli avanzi dei pasti di questi mostri non sono rari, anzi formano banchi immensi. Quindi non potremo negare che se vi era la fauna più perfetta non poteva mancare quella in cui l'organismo è meno complesso, ma non

meno meraviglioso, perchè mancante di parti solide come le meduse, le salpe e quelle tante creature gelatinose, e quelle infinità di animalcoli che rendono fosforico il mare. Anche in que' mari profondi esistevano que' fanghi pieni d'oggetti microscopici che trovati recentemente ci mostrarono ancora in attività la formazione della *creta* e nei copiosi *foraminiferi* (Fig. 79 a 82). I coralli mostrano la vita fin d'allora occupata alla secrezione de' sali, a purgamento delle acque non meno che facciano al presente. Senza questo spurgo continuo del carbonato calcare la vita sarebbe divenuta impossibile; e mentre da un lato lo fissavano le conchiglie, e dall'altro i coralli, i mari conservavano la loro purezza.

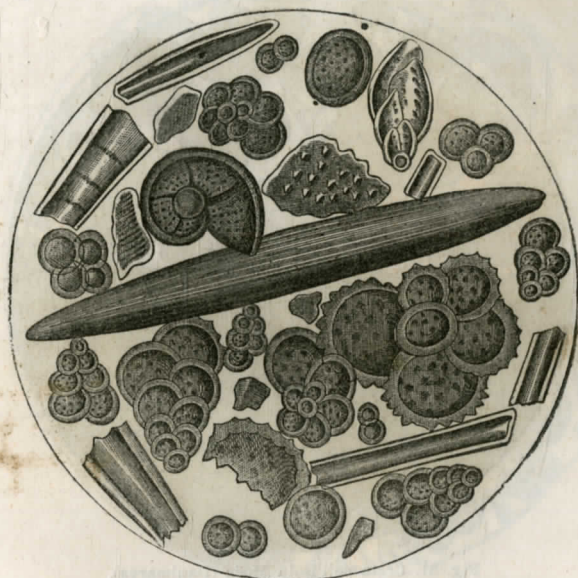



Fig. 80. Esseri microscopici nella creta di Gravesend (Inghilterra).

Ma a mano a mano che i fondi si sollevavano si popolava il mare di altre faune adatte alla minor pressione, finchè le parti emerse si trasformarono in vaste superfici paludose, che furon ricoperte di immense foreste destinate dalla Provvidenza a nutrire la futura industria di un Ente che ancora non era comparso sulla faccia del globo e che era destinato a dominarlo. Come l'acqua veniva spogliata dell'eccesso di calcare dai molluschi, così l'aria si spogliava dall'eccesso di carbonio seppellendo quelle immense moli di vegetali, in tante delle quali il carbonio è ora divenuto quasi puro, come nella grafite e nell'antracite. Salvo la presenza de' mammiferi terrestri lo stato del globo in queste

prime età non differisce dunque dalla presente. Ma i viventi tutti erano naturalmente in relazione colla temperatura generalmente più alta e più uniforme che regnava su tutta la sua superficie.

Intanto che si depositavano pacificamente gli avanzi della vita in fondo ai mari, non erano inattive le grandi forze fisiche. I fiumi carreggiavano al mare, in ampli estuarii, i tritumi de' continenti demoliti dalle azioni meteoriche, e le forze interne sollevavano continenti, e spandevano sul fondo di que' mari le masse fuse che non potevano ormai più restarvi dentro chiuse per la enorme contrazione che veniva diminuendo l'interna capacità del globo.

Fig. 81. Creta dell'isola Moën (Danimarca).

Grandi spaccature si formavano nelle masse sollevate, che si riempivano o di sotto in sù per iniezione di materie fuse, o dall'alto al basso per riempitura di materie fluide formando le miniere, nelle quali poi delle operazioni galvaniche preparavano i minerali e i lavori delle nostre cave metallurgiche (Fig. 83).

Queste primitive eruzioni erano gli equivalenti dei presenti vulcani, ma di materia meno rimaneggiata che non adesso. I graniti sono le antiche lave che spandevansi nei fondi degli antichi mari. Enormi strati di queste materie a guisa di lenti sterminate si trovano fra gli strati siluriani. I trapp e i porfidi succedono ai graniti nell'epoca posteriore, e a questi i basalti tanto affini alle nostre lave. Le forma-

zioni carbonifere, siluriane e cambriane sono piene di questi strati eruttivi interposti che mostrano la reazione delle forze interne sulla crosta del globo.

È all'azione di queste masse eruttive, talora enormi, come nelle nostre Alpi, che si deve l'innalzamento de' fondi marini fino ad altezze enormi, lavori di immensa potenza che venivano tormentando, piegando, rovesciando i vecchi depositi, injettandoli di materie fuse, e fino alterandone la natura coll'azione del calore, e de' vapori che ne emanavano, onde ora si hanno le così dette rocce metamorfiche. I depositi fangosi furono così trasformati in micaschisti, in gneiss, e i calcarei in marmi nei quali così spariva l'antica struttura degli organismi che li generarono, per sostituirvi la forma cristallina.

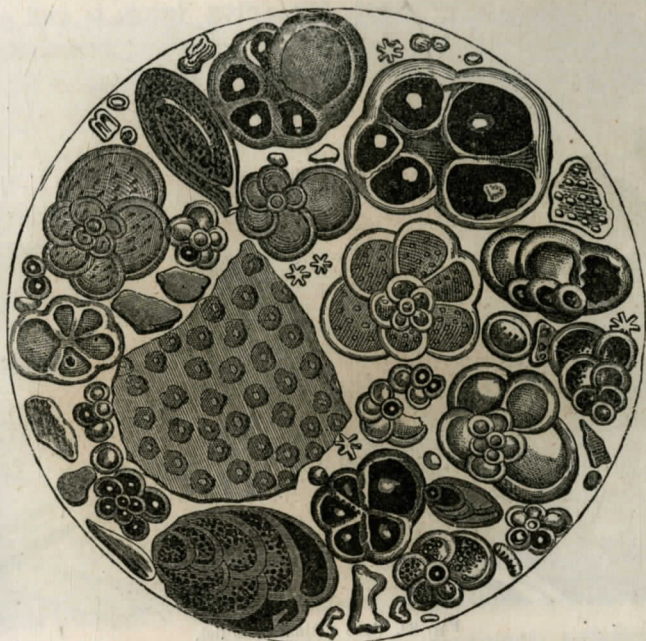



Fig. 82. Creta di Cattolica (Sicilia).

Le fessure che si formavano nelle masse continentali erano riempite di minerali, quali per fusione, quali per sublimazione, quali per soluzioni de' fluidi concentrati ed evaporati al calore dell'interno del globo.

Queste azioni venivano preparando la sede e il terreno alla nuova popolazione che doveva esser coronata dall'uomo. Così si chiude l'epoca mesozoica o secondaria.

Un'altra intanto si prepara, cioè la *neozoica* o *terziaria:* essa si

manifesta con un generale sollevamento nei mari triassici, giuresi e cretacei, frutti dei quali sollevamenti è l'apparizione dell'Italia nostra che veniva comparendo ed emergendo, dapprima divisa in tante isole distaccate e poi congiuntesi quando pel continuato sollevamento comparvero le rocce cretacee. Attorno a questi nuclei veniva intanto depositato il *nummulitico* che si considera come una zona di passaggio tra le antiche e nuove formazioni, anzi meglio da molti si mette tra le antiche. La forma di questi molluschi che dominano quest'epoca è generalmente quella di un disco diviso da innumerevoli cellulette che talora

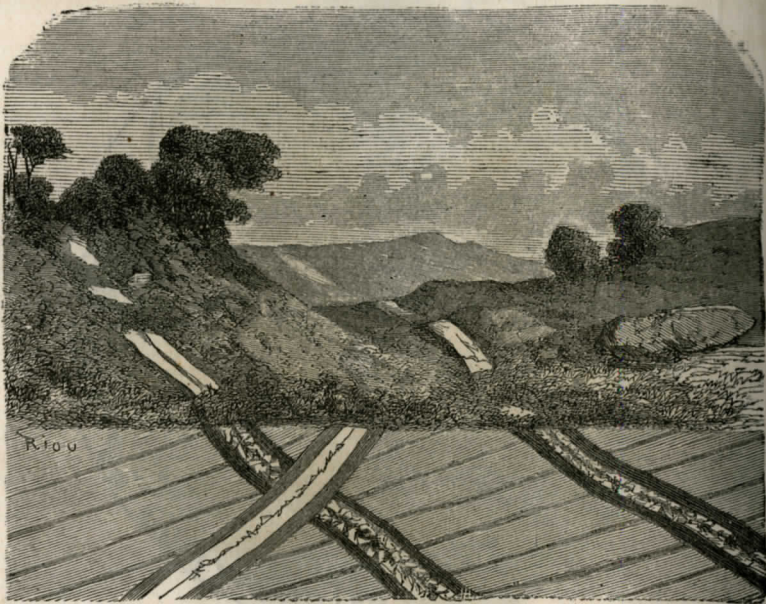



Fig. 83. Vene e filoni metallici.

non sono che microscopiche, ma in cui lo sterminato numero compensa la mole degli individui.

È sommamente importante lo studiare la struttura de' continenti che vanno emergendo. I nostri Appennini ci mostrano i loro strati più bassi, e perciò più antichi, formati di lias; poi di oolite, che spettano all'epoca giurese, abbondanti in *ammoniti* ed *aptici*, appresso seguono le formazioni cretacee tutte con ordine concordante fino al nummulitico incluso. I fossili caratteristici di uno strato vanno successivamente divenendo più rari nel seguente e sono destituiti gradatamente, incatenandosi una fauna dentro l'altra, senza salti o lacune fino al nummulitico, mentre gli strati restano mirabilmente paralleli (Spada-Orsini).

Questo fatto prova che que' mari vennero pian piano cambiando faune mentre restavano tranquilli; e compita la loro formazione vennero lentamente emergendo dalle acque.

Ma tutto cambia dopo il nummulitico. I mari non depongono più calcari compatti, ma semplici marne ed argille e sabbie a stratificazione discordante co' depositi precedenti. È l'epoca *terziaria* che si manifesta, nella sua pienezza, aurora della presente : l'epoca *nuova* che si divide in tre categorie *Eocene* (aurora del nuovo mondo), *Miocene* (mondo nuovo medio), *Pliocene* (mondo più nuovo ancora) e si continua gradatamente fino ai giorni nostri nel *quaternario* o *pleistocene*, cioè mondo nuovissimo.

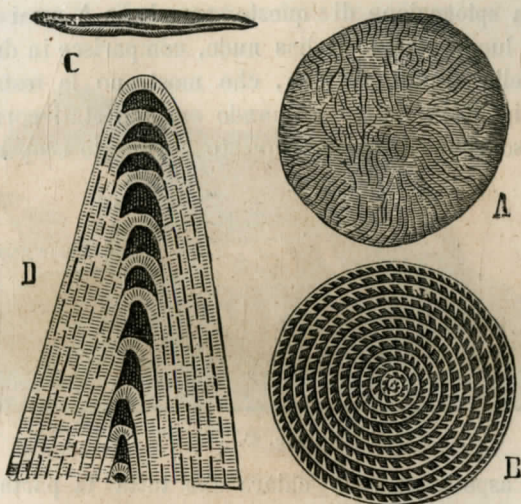



Fig. 84. Nummulites nummularia. A. Conchiglia vista all'esterno. B. Sezione orizzontale. C. Sezione verticale. D. Metà della sezione verticale ingrandita.

Questi depositi sono fatti dai detriti de' continenti anteriori; per la loro superficialità, non hanno la durezza, nè la compattezza de' cretacei, dei giuresi, dei liassici, ecc., benchè in fondo siano fatti allo stesso modo, cioè di detriti inorganici de' depositi anteriori, quali sono le rocce calcaree, le rocce felspatiche (graniti, porfidi, lave) e detriti organici *conchiglie, coralli* tritati, polverizzati, ecc.

In questi depositi quasi tutto è realmente nuovo; perdute sono quasi tutte le specie antiche e sottentrano delle nuove, mentre gradatamente diventano più numerose le specie attualmente viventi, e in generale l'aspetto (ciò che i geologi dicono *facies* della fauna) è precisamente quello del tempo presente, talchè diviene lavoro difficile, anche al pratico esperto, il separare le antiche creature dalle attuali.

Lo studio delle sezioni del nostro Appennino sì ben disegnate da Spada e Orsini, mentre ci fanno vedere la continua e mirabilmente tranquilla serie de' depositi di que' mari *secondarii*, ci mostrano anche il meccanismo del loro sollevamento, e la spaventosa erosione coi materiali della quale si formarono gli strati terziarii.

Il profilo della sezione anche ad un osservatore superficiale ci si presenta come una serie di curve sinuose, quali si avrebbero comprimendo i fogli di un libro, ma nello stesso tempo noi vediamo spesso che alla sommità invece di avere la rotondità delle pieghe sormontata dal terreno più recente è colà che invece comparisce il terreno più antico, cioè il lias, come si vede nella sezione del Monte Sibilla e Vettore. Ma la spiegazione di questo paradosso è assai semplice, ed è spiegato sul luogo stesso. Il lias nudo, comparisce in due modi: uno è nel taglio delle grandi rotture, che mostrano la testa degli strati sovrapposti (Fig. 85); l'altro è quando essendo stati corrosi e portati via gli strati sovrapposti al lias, questo è rimasto scoperto. Dal con-

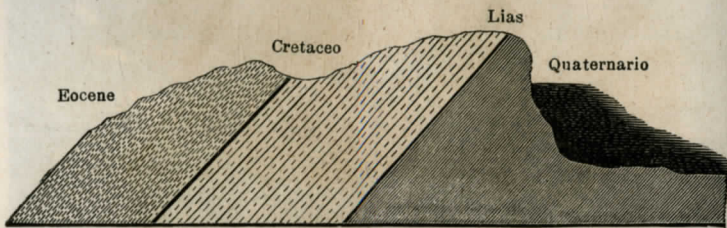



Fig. 85.

fronto de' due aspetti si vede chiaro che tutta la parte soprastante manca perchè portata via dalla potenza della denudazione. Questa denudazione è quella che mise allo scoperto gli strati inferiori, distruggendo tutti i superiori e portandoli al mare, talchè senza questa i monti avrebbero forse un'altezza doppia.

Durante il mare terziario emergevano come isole tutto il gruppo delle Alpi, varii punti della Sicilia e da noi il Soratte, il Monte Gennaro, il Monte Corno, o Gran Sasso d'Italia e la lunga spina degli Appennini Centrali. Questo mare copriva non solo tutta l'attual valle del Po e le falde dell'Italia, ma la Germania, l'Austria in gran parte, tanto che poteronsi fissare i limiti di un mare detto sarmatico in Europa, terminato, dal lato della Russia, dalle regioni permiane emerse da un gran pezzo.

Intanto sulle terre emerse già fioriva la vita. Foreste numerose si estendevano dall'equatore al polo, ma già le essenze de' loro legni

mostrano un raffreddamento. I grandi depositi di pesci del Monte Bolca di Verona mostrano le palme, ma insieme gli alberi più frigidi: il faggio, la betula, ecc.

Questa variazione della flora terziaria è un termometro che indica una variazione notabile prodotta nel clima dal sollevamento dei continenti. Questo abbassamento di temperatura andò sempre progredendo e divenne sempre più sensibile in seguito. Così mentre nell'Eocene le palme si trovano al polo, e colle felci arboree costituirono banchi immensi di legname, appresso, nel miocene, già non si trovano più che al di qua del circolo polare, e appena arrivavano al 60°, o 70° parallelo; e nel pliocene appena si trovano al 50°. Talchè l'Italia settentrionale allora aveva il clima appena della meridionale.

Fig. 86. Anoplothérium comune.

Eocene. — Il continente nell'epoca eocenica era ancora assai diverso dal presente. Così mentre il nostro Monte Mario era ancora fondo di mare, già in Francia eranvi terre che si popolavano non solo di rettili e marsupiali, ma di vertebrati analoghi ai presenti pachidermi, le cui scoperte nelle formazioni gessose di Parigi fecero immortale il Cuvier. Ivi erano il paleoterio e l'anaploterio, analoghi uno al tapiro l'altro alla gazzella. I gessi di Mont-Martre del periodo eocene sono un cemeterio di queste nuove creature più perfette e che compariscono tutte complete e indipendenti senza gradazione di trasformazioni. Delfini e cetacei spaziavano nei mari che ora trovansi sepolti nelle marne di Toscana e di infiniti altri punti del mondo, ma erano di specie differente dall'attuale (per es. Balaenodon Lamanoni di Parigi).

Nel mare eocenico si deponevano quelle conchiglie microscopiche

cellulate che formano i calcari di Parigi e i foraminiferi in tanta copia da formarne banchi quasi esclusivamente impastati di essi.

Nummulitico è quel calcare di cui si fecero le piramidi, e tutta Parigi è, può dirsi, formata di calcare nummulitico e foraminifero, impasto di questi curiosi enti microscopici. A questa epoca appartengono i pesci fossili del Monte Bolca tanto famosi che accusano ancora un mare tropicale colle palme a cui sono frammisti. Dall'eocene in poi si determinò una diversità di clima assoluta nel nostro emisfero: senza dubbio per l'emersione de' grandi continenti nordici.

Fig. 87. Il grande Palæotherium.

Miocene. — Fino a quest'epoca il nostro emisfero rassomigliava all'Oceano indiano seminato d'isole con grandi terre verso il polo. Ma col miocene l'Europa cambia faccia. Colla graduata emersione di quei fondi ne nacquero laghi numerosi, golfi e seni di mare che diedero una immensa varietà alle faune e alle flore, onde non si ha più in quest'epoca quell'ampio colpo di vista avuto finora de' grandi mari: ma invece un minuto accantonamento di specie e di faune diversissime. Numerosi vulcani formavano gli arcipelaghi del vicentino, e colle loro esalazioni uccidevano i numerosi pesci che ora ammiriamo sepolti nel Bolca. Saline di piccola estensione si formavano qua e là, e depositi di piante e di lignite che manifestano il cambiamento de' climi.

È veramente col miocene e poi col pliocene che si fecero i nostri attuali continenti: allora emerse il terreno che forma una cornice a tutto il nostro Appennino e a gran parte d'Europa.

Non è già più sul mare che d'ora innanzi dobbiamo cercare nuove creature: esse vi compaiono numerose, ma sono meno importanti per noi. Invece è sulla terra che vengono le distinzioni più rimarchevoli. Già appaiono i mammiferi più elevati, cioè: le scimmie, i pipistrelli, i carnivori, i roditori, e nei climi medii si hanno già animali che ora vivono solo nei climi tropicali, ben inteso che non cessano di vivere gli ordini antecedenti, tartarughe, rettili, ecc. L'animale miocenico più importante è il *dinoterio* (*fiera terribile*) (Fig. 88), animale la cui testa sola era lunga 1 metro e 30 cent. e larga 1 metro (Fig. 89). Del resto del corpo poco sappiamo. Si suppone analogo al-

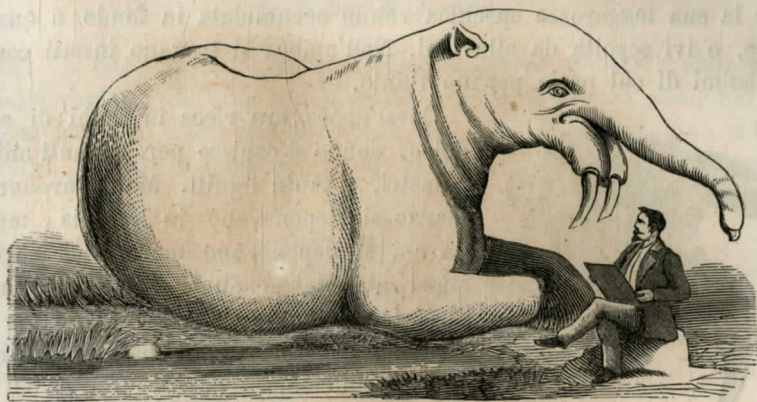



Fig. 88. Dinotherium giganteum, Kaup. ristaurato.

l'elefante, e siccome era armato di due difese collocate nella mandibola inferiore e dirette in basso, così si crede che vivesse di radici scavate colle sue zanne, poichè i denti sono di erbivoro.

La copia degli erbivori mostra la ricchezza della vegetazione, ed include per l'equilibrio i feroci carnivori. Già compaiono le iene, i felini, i ruminanti. Domina il Mastodonte, più sicuramente analogo all'elefante: denti da erbivoro, ma 4 zanne o difese, due lunghe alla mascella superiore e due corte all'inferiore. Fu trovato la prima volta in America presso il *lago salato.* Ma presto si trovò altrove ancora, e specialmente i più bei saggi e interi sonosi trovati nel pliocene del Piemonte, ma è specie distinta mancando delle difese inferiori, ed è superiore in mole all'elefante tra le cui ossa trovansi spesso i suoi avanzi. Esso si propagò fino al pliocene.

Famosi sono divenuti in questi ultimi anni i terreni di Pikermi in Grecia, ove si è dissotterrato un vero cemeterio di animali quadrupedi e anche quadrumani (scimmie *mesopithecus*) dal signor Gaudry. Nel terreno miocenico, coll'elefante, viveva il bue, il cavallo, la giraffa e tutte le grandi specie attuali unite alle piccole.

La vegetazione miocenica era assai lussureggiante e di piante ancora palustri e in parte di paesi caldi. Esse formano enormi depositi di lignite, e quivi si trova l'ambra. Queste ligniti poco differiscono dal carbon fossile, e solo sono meno carbonizzate pel manco di pressione e di calore, e forse per la qualità stessa de' vegetali. L'ambra si trova in enorme quantità sul Baltico, e ora è oggetto di commercio molto ricco e ravvivato per la scoperta recente di un banco di sabbie ambrifere. Essa è una resina che colava da quegli alberi antichissimi, e per la sua leggerezza specifica venne accumulata in fondo a qualche seno, e ivi sepolta da alluvioni. Nell'ambra si trovano insetti conservatissimi di cui parla perfino Plinio.

Fig. 89. Testa del Dinotherium.

Quest'epoca era ricca in laghi di acqua dolce, donde si capisce perchè tanti animali palustri, e tante ligniti. Molte arenarie o marne si deponevano in Francia, mentre da noi si deponevano marne nei mari costieri abbastanza ancora profondi, marne formate da detriti delle montagne già sollevate, e che formano la base del Vaticano e del Gianicolo.

Pliocene. — Questa formazione ha per suo tipo il terreno detto dai geologi italiani il *Subappennino*. Tale denominazione è già una descrizione topografica precisa del suo giacimento, perchè essa cinge realmente tutto intorno la catena appennina alla sua base.

Essa però è sviluppatissima in moltissimi altri siti e veste differente aspetto secondo i paesi. Da noi essa consiste in depositi per lo più sabbiosi di sabbie gialle discordanti dalle marne, pieni di avanzi di conchiglie delle quali 60 a 70 per cento sono bene spesso viventi nel Mediterraneo circostante. In genere tali formazioni fanno la continuazione delle spiaggie, ma in qualche sito, specialmente nei distretti vulcanici, sono sollevate notabilmente, come nel nostro Monte Mario, ove si vede un notabile dislocamento alla sponda sinistra del Tevere che ha sollevato il subappennino a 100 e più metri sopra la sponda destra: forse tentativo non riuscito di sollevamento vulcanico, poichè

questa regione sta tra due centri di eruzione, il centro laziale e il sabbatino.

I terreni subappennini sono anche fecondi di animali terrestri trasportati evidentemente dalle correnti de' continenti nei mari e golfi ove si deponevano le conchiglie e le sabbie gialle, detriti de' superiori con-

Fig. 90. Denti del Mastodonte.

tinenti. A quest'epoca alcuni attribuiscono esclusivamente il *dinoterio*, il *mastodonte*, l'*elefante meridionale*, l'*elefante antico*, ecc., con una copiosa fauna di buoi, cavalli, cervi, ecc., che si propagò fino al quaternario. Si deve a quest'epoca la formazione de' nostri tufi rossi o

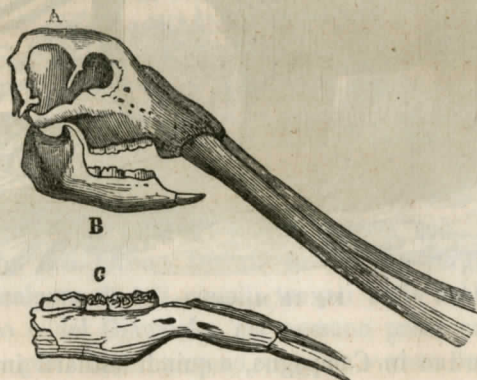



Fig. 91. A, B, testa del mastodonte; C, mascella inferiore.

litoidi, evidentemente prodotti dalle decomposizioni delle trachiti della tolfa e trasportati nel grande estuario tiberino. Il sollevamento pliocene fu lento, e mise a nudo successivamente varie zone, che arrivano fino all'altezza di 300 m. nelle regioni vicine agli Appennini. Il livello delle arene e quindi de' mari pliocenici è perfettamente definito alle basi de' monti calcarei, cretacei e nummulitici appennini, ove come per esempio alle falde del Monte Gennaro e del Soratte, sale oltre a

200 m.; scendendo fino al livello del mare, e stendendosi di là gradatamente per la bassa pianura. Numerosi vulcani emersero in quest'epoca e mescolarono i loro materiali agli oceanici e formarono tufi numerosi, che sono assai sviluppati nella campagna romana. Numerosi golfi si formarono anche qui, e bacini lacustri che variarono assai la superficie terrestre: in questi si trovano i principali depositi di animali: come in Val d'Arno, in Rignano, ecc.

Molte sorgenti uscivano allora cariche di acido carbonico e calce, che formarono ingenti depositi di calcare, come quelli di Tivoli, di

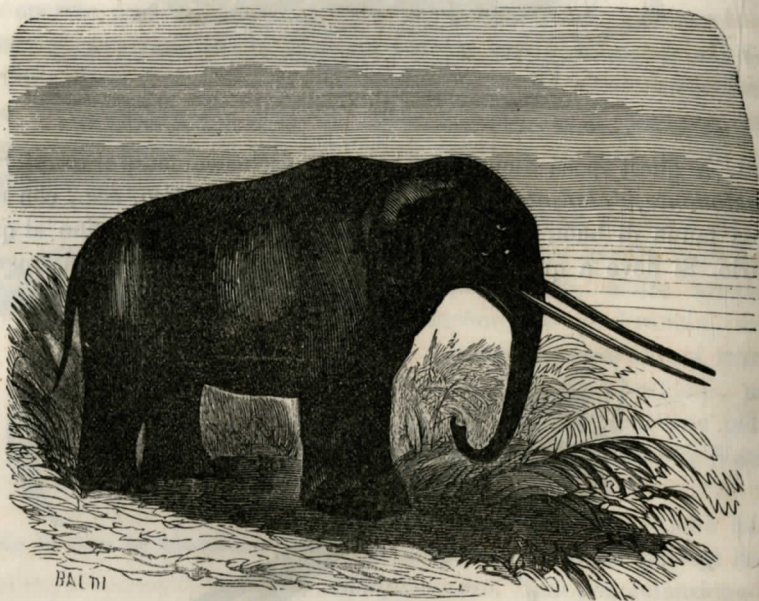



Fig. 92. Mastodonte.

Orvieto, di Ferentino in Campagna, e quindi estuarii in cui venivano dalle correnti trasportate molte masse di breccie.

La descrizione minuta di tutte queste circostanze fa che la geologia pliocenica sia svariatissima e che le faune si trovino *accantonate* in molti punti e diverse sommamente da una regione all'altra. Tutto però per la sua superficialità mostra che il pliocene è il fondo sollevato dell'ultimo mare littoraneo. È quest'ultimo fondo così sollevato che forma i continenti attuali e su cui si svolge la scena delle epoche posteriori, cioè la glaciale, la quaternaria ed antropozoica, cioè la presente. Non sono uniformi nelle varie regioni i grandi mammiferi di

quest'epoca. Nei nostri climi dominano gli elefanti, i mastodonti e i rinoceronti, mentre nell'America Australe dominano i *megaterii*, di cui si conserva un tipo famoso a Madrid; e nell'America Settentrionale vi hanno i famosi *dinoceri* scoperti da Marsch, animali forniti di gran corpo e piccolissimo cervello, armati di fino a 3 paia di corna; per tacere dell'infinita turba di animali minori, cogli *orsi* e le *tigri* delle caverne, animali ferocissimi.

Il clima pliocenico si vede già decisamente diverso dai precedenti. Piante del tutto proprie dei climi freddi formano le ligniti nelle regioni settentrionali, e le palme non si trovano più oltre ai 60° di latitudine; nelle nostre ligniti plioceniche non si vedono traccie di piante tropicali. Tutto mostra che all'emersione de' continenti presenti il polo era già sensibilmente a diversa temperatura dalla regione equatoriale e che erasi già formato l'arcipelago polare, e vi circolava la corrente del golfo secondo il Dana: cioè, si preparava già l'ultima crisi che cambiò la faccia della terra, disponendola a ricevere l'uomo.

I fossili terziarii si arrestano ai quadrupedi, in nessun terreno terziario si è trovato avanzo d'uomo, tranne quelli che furono rimaneggiati posteriormente da agenti estranei, onde gli strati quaternarii passarono sotto o dentro ai terziarii. La famosa scoperta di una mascella umana nelle marne di Abbeville presso Amiens, che molti tengono come riconosciuta per una solenne impostura, è certo che si trovò nei terreni rimaneggiati. Analizzate le sezioni di quelle ossa e di que' denti, vi si trovò la gelatina ancora intatta, il che provava come essa fosse tratta da qualche non antichissimo cimitero, e sepolta ivi, o artificialmente dai presenti o per caso in qualche altra occasione.

Lo stesso dicasi delle pietre tagliate, o asce, ecc., ed utensili qualunque, che non mai furono trovati in terreno vergine terziario. Si menò grande scalpore di tali cimelii trovati nelle sabbie subappennine di Monte Mario o del Gianicolo, ma nessuno prese cura di verificare se quelli erano giacenti in terreno vergine ovvero se ivi fossero stati interrati da mano di uomo o portativi da qualche corrente, e ricoperti dalla stessa sabbia mobile del luogo. Quanto al famoso scheletro umano trovato nelle argille plioceniche di Genova, meglio studiata che fu la località, si vide che vi erano intorno tracce di un taglio di un antico pozzo in cui quell'uomo doveva esser caduto, e poi ricoperto dagli avvallamenti e dallo scoscendimento delle argille laterali.

Quello che si trovò in Italia si verificò per tutto, e si può asserire con sicurezza che all'epoca terziaria, compresovi anche l'ultimo periodo pliocenico, nessun avanzo umano è stato finora ritrovato che a que-

st'epoca sicuramente appartenesse. Lo stesso Virchow asserisce che l'uomo terziario può esser un problema, ma non è ancora dimostrato (1).

Le reliquie dell'uomo nel pliocenico devono necessariamente appartenere a depositi marini, quindi solo un naufragio o altro caso simile potè deporre in quelle melme un cadavere umano. Presso Savona essendosi trovato nel pliocene uno scheletro con carboni accanto, questo non può esser veramente di epoca pliocenica, perchè i carboni galleggiando si sarebbero separati dal cadavere. Fu dunque questo cadavere sepolto quando quel pliocene era divenuta terra arida.

Donde ragionevolmente si può dedurre che l'uomo non dovea ancora esistere all'epoca veramente geologica. Sono del resto assai incerti i limiti che separano le formazioni plioceniche dalle mioceniche e dalle quaternarie, onde diversi terreni quaternarii esagerandone l'antichità, sono stati creduti pliocenici, e ciò ha dato origine a proclamare qualche reliquia umana per pliocenica, mentre era realmente quaternaria.

LEZIONE XII.

Epoca glaciale e quaternaria.

Le formazioni terziarie ci hanno dimostrato un fenomeno assai importante, cioè una diversità di temperatura notabile tra i poli e l'equatore, talchè il clima, tuttavia tropicale ai poli nell'eocene, era già diminuito talmente nel pliocene che le piante tropicali non si riscontrano più oltre i 50° o 60°. Questa grande modificazione climaterica è dovuta certamente ad un raffreddamento generale del globo e de' suoi mari, onde l'azione annuale periodica del sole divenne preponderante sul calore proprio della terra. Ad una tale modificazione dovea ancora contribuire in gran parte l'influenza della emersione delle terre, ed ogni nuovo giro preso dalle correnti marine pel sollevamento de' continenti.

Se non che tale fenomeno non cessò col pliocene, anzi sui conti-

(1) *Mondes* di MOIGNO, vol. XLIV, n. 16, p. 645.

nenti emersi si fece più sensibile e diè origine a quella che fu detta dai geologi *Epoca glaciale*, durante la quale una gran parte dell'Europa settentrionale rimase coperta da estesi ghiacciai, e sull'Italia nostra si estendeva il gelido mantello, non solo sulle Alpi come attualmente, ma ben anche su tutte le pianure lombarde, e sopra una parte considerabile della Toscana. Non è però a credere che tutto il globo ne fosse coperto assolutamente, ma solo alcune regioni, per altro assai estese nei due emisferi; e può dirsi piuttosto essere stata una espansione de' ghiacciai attuali che non una invasione eccezionale.

Il fatto di una grande estensione di ghiacciai sull'Europa settentrionale ed altre regioni del globo, è fuor di controversia. Le prove sono perfettamente dimostrative; e sono le seguenti:

1° I limiti delle morene antiche perfettamente riconoscibili ove ora non sono ghiacciai, ma che in genere sono sulle linee occupate dai ghiacciai moderni. Per parlare qui soltanto dell'Italia nostra, tali morene sono quelle che formano le colline numerose che sbarrano gli sbocchi delle principali vallate delle pianure lombarde, tutte formate di detriti e frammenti angolosi di rocce alpine cementati da fanghiglie minute quali anche oggidì lasciano i ghiacciai. Senza grande fatica questi sbocchi guidano fino ai ghiacciai ancora superstiti.

Si rileva da ciò che i grandi bacini dei laghi dell'Italia Superiore erano semplici ghiacciai, che scendendo al piano lasciavano i loro depositi alla linea della loro fusione che era ben più bassa dell'attuale, e si estendevano fino alle pianure del Reggiano, del Parmigiano, includendovi il Milanese.

2° La seconda prova è ne' massi erratici che trovansi depositati qua e là trasportativi a grandi distanze dalla loro origine, attraversando valli e laghi profondissimi; la natura delle loro rocce li accusa frammenti staccati da montagne assai lontane. I versanti del Giura calcareo sono pieni di massi enormi di graniti, porfidi, gneiss, ecc., i quali non sono certamente proprii di quelle montagne, e solo vi furono trasportati dalle montagne granitiche e cristalline del versante opposto. Fra loro e la roccia madre sono interposte grandi vallate e talora laghi profondi come a Neufchâtel ove sono i graniti e i protogini dell'opposto e lontano Monte Bianco. Fu un problema per gran tempo ai geologi come colà potessero esser arrivati quegli enormi blocchi poligoni, scabri ed intatti senza segni di rotolamento. Ora si è capito che essi poterono benissimo arrivarvi coll'esservi carreggiati sul dorso de' ghiacciai. Essi infatti su questi soltanto poterono attraversare non solo enormi distanze ma anche vallate profonde.

Si suppose dapprima che essi fossero carreggiati da immense fiumane diluviali, ma è impossibile che una corrente acquea qualunque riuscisse a trasportare que' massi e spingerli fino alle enormi altezze a cui furono deposti. Molti massi di graniti si trovano deposti nelle pianure lombarde fino nel fondo delle terremare del Modenese e del Reggiano, provando che fino colà arrivava il gelido lenzuolo che copriva la regione alpina.

3° La terza prova infine sono le rocce *striate*, cioè solcate e rigate dai massi e dalle scaglie minori che strascina il ghiacciaio incastonate nella sua massa e sotto di sè nel suo cammino, e che arrotondando le cime degli immobili scogli le lasciava solcate con istrie parallele, e conformate a dorso di montone (V. Lezione II, pag. 24).

Le melme lasciate dalle acque che uscivano dal ghiacciaio, hanno colmato molte valli minute, e in generale coperto il suolo di uno strato più o meno fino, che forma un fecondo terreno per l'agricoltura, a cui devono quelle colline la loro ricchezza. Scavando la terra a pochi metri si trova la morena colle sue pietre grezze e poligone accatastate a modo di archi concentrici avanti la bocca dell'antico ghiacciaio. Non deve poi sorprendere che i ghiacciai altra volta si estendessero tanto lontano, giacchè anche ai tempi storici sono stati soggetti a numerose ritirate ed avanzamenti. Anzi la temperatura della Germania era molto più bassa all'epoca romana che non è adesso, e l'Alta Italia avea inverni più rigorosi. Anche all'epoca della generazione presente i ghiacciai di Chamonix, del Grindenwald, e tanti altri occupavano regioni ove ora sorridono fiorenti campagne. Ricordiamoci di quanto si disse già sul clima che regna nel limite de' ghiacciai che è sempre superiore alla temperatura del ghiaccio fondente, e dove per conseguenza il ghiaccio tocca talora non solo i prati verdeggianti ma perfino le messi. Quindi queste grandi espansioni di ghiaccio non suppongono mica necessariamente un clima polare. Essi suppongono soltanto o una elevazione di suolo alquanto maggiore dell'attuale o anche un clima più umido, talchè la quantità di pioggia fosse maggiore. L'esperienza mostra anche adesso che nelle annate più umide i ghiacci si estendono molto più che negli asciutti.

Nè vi sarebbe grande difficoltà a capire la cosa, se il fenomeno fosse solo esteso alle nostre Alpi ; ma esso era generale in Europa, e tutta la Scandinavia, la Svezia e la Norvegia od anche gran parte della Francia erano coperte da questo triste mantello. Nella Francia la renna ed il bue muscato pascolavano allora sui muschi, come ora nelle regioni poste sotto il circolo polare. Le cime degli scogli della

Scozia e delle montagne della Baviera, della Prussia, ecc., mostrano vestigi di ghiacciai, e l'enorme spessezza della fanghiglia che copre il letto del Reno detta *Lehm* o *Loess*, non ha altra origine. Nell'America Settentrionale pure si trovano avanzi di questo deposito fangoso, che non pare avere altra origine, fino a latitudini assai basse.

Non è facile indovinare la causa immediata di così generale raffreddamento. Tuttavia se riflettiamo che a latitudini ben inferiori a quelle di Modena e Reggio e Prato in Toscana, che sembrano limitare i ghiacciai dell'Italia, si hanno attualmente nel cuor della Siberia e nelle regioni dell'emisfero australe ghiacci perpetui e il suolo gelato, comprenderemo che qualche fatto geologico molto semplice potrebbe darne la ragione senza ricorrere a cause straordinarie. Questo potrebbe essere senza più la maggior estensione dei mari del Nord in quell'epoca, che mettevano il nostro emisfero nelle condizioni dell'attuale emisfero australe. La temperatura ivi è sì bassa, che all'isola Kerguelen posta in latitudine poco diversa da Londra, vi nevica nella stagione tropicale estiva quasi ogni giorno, e la calotta de' ghiacci insormontabili arriva molto più basso che nell'emisfero Nord, e i ghiacci galleggianti si incontrano a 30°!

Inoltre poteva concorrervi la mancanza della corrente del Golfo (Gulfstream) per non esistere allora l'istmo che congiunge le due Americhe. Pel difetto di tal argine le acque delle correnti equatoriali essendo libere a circolare direttamente, non erano più respinte a regredire verso l'Europa, nè potevano apportare una dolcezza di clima alle sue regioni occidentali che non è in rapporto colla latitudine de' luoghi. Inoltre l'assenza del Sahara che sembra emerso in recentissima data non produceva il giro de' venti caldi che ora tanto dominano tutta l'Europa e ne determinano il clima.

Oltre i massi erratici alpini ve ne sono di quelli che indubbiamente vennero portati dal mare. Tra i massi erratici sono famosi i grossi blocchi di granito che trovansi nelle basse pianure della Finlandia, e della Russia che arrivano al volume di centinaia di metri cubi. Con uno di questi fu fatto a Pietroburgo il piedestallo della statua equestre di Pietro il Grande, con un altro fu eseguita una immensa tazza che trovasi nel museo di Berlino. I famosi monumenti detti *Menhirs* e *Dolmens* sono formati di pietre cristalline raccolte in quelle pianure lontane enormemente da monti di tali roccie. Ma questi difficilmente possono avere la stessa origine de' massi alpini, mancando colà prossime ed alte montagne da cui fossero per tal via rapiti. È più probabile che essi fossero carreggiati colà dalle terre polari per mari liberi,

e fluttuati fossero sopra zattere di ghiaccio come accade anche adesso nei mari del Nord; e che fusi i ghiacci alle inferiori latitudini precipitassero al fondo misti alle sabbie ed altri detriti in cui si trovano sepolti, aspettando che un generale sollevamento de' banchi così formati venisse a metterli alla luce del sole. Tale sarebbe la natura del continente che si formerebbe se il banco di Terranova venisse ad elevarsi non più che 100 o 200 metri dal suo livello attuale.

Tale opinione pare tanto più probabile in quanto che il terreno sciolto ove si trovano tali massi nelle suindicate località, è un deposito ben più vasto e profondo che non sono i nostri terreni alpini, e indubitatamente di natura marina. Nei monti di Norcia si trovano grandi massi internati nella sabbia subappennina che forse hanno la stessa origine.

L'epoca glaciale non è ancora ben riconosciuta nell'Italia meridionale, salvo che nella Toscana e in qualche punto delle Calabrie, ove esistono massi erratici. Negli Appennini vi sono grandi gole formate da potenti erosioni (come a Norcia) che fanno credere ivi delle potenti correnti di ghiaccio. Vi sono pure grandi massi calcarei depositati in mezzo a spessi letti di sabbia subappennina, i quali possono credersi colà portati o dai ghiacciai marini o dai ghiacciai terrestri. Le suenunciate erosioni fanno credere a queste masse di ghiaccio semoventi, tali da intaccare gli strati calcarei alternati di pietrafocaia, (stretto di Biselli presso Norcia). Ma questa è materia finora poco studiata.

È all'epoca glaciale che i geologi riferiscono le melme di cui sono piene le caverne ossifere, e che altri avea spiegato col diluvio mosaico. Queste grotte, la cui apertura si trova sotto al livello a cui arrivarono i ghiacciai, servirono di ricovero agli animali di quell'epoca finchè colà non giunse il deposito di ghiaccio che vi introdusse le melme seppellendovi que' resti.

I mari di Sicilia presentano una fauna assai recente e di mare molto più freddo dell'attuale, onde sembra che anche al mare si estendesse il raffreddamento di quest'epoca. Ivi torme intere di elefanti si sono trovate sommerse nelle grotte!

Nelle nostre regioni romane l'epoca glaciale non mostra i sintomi alpini, essa mostra però che allora avevano un sistema idrografico di fiumi ben più ricchi d'acque degli attuali, segni evidenti di più copiose pioggie. Le sabbie alluvionali de' confluenti del Teverone si trovano al fosso della Moletta 40 m. più alte del letto delle acque attuali, e contengono avanzi d'industria umana, e corna di cervo rozzamente

tagliate: il che mostra che ebbero luogo in epoca comparativamente recente, e che, o il grande e maggior freddo non arrivò fino a noi, o que' letti arrivavano a quell'altezza colla presenza dell'uomo. Nella stessa località si trovarono ossa d'elefante, ma queste parvero rotolate da regione ignota, e di origine diversa da quelle trovate nelle grotte dal Gemellaro.

Mentre il ghiaccio impediva ogni vita nelle regioni dell'Italia settentrionale, essa fioriva nella meridionale e sulle coste. È a quest'epoca

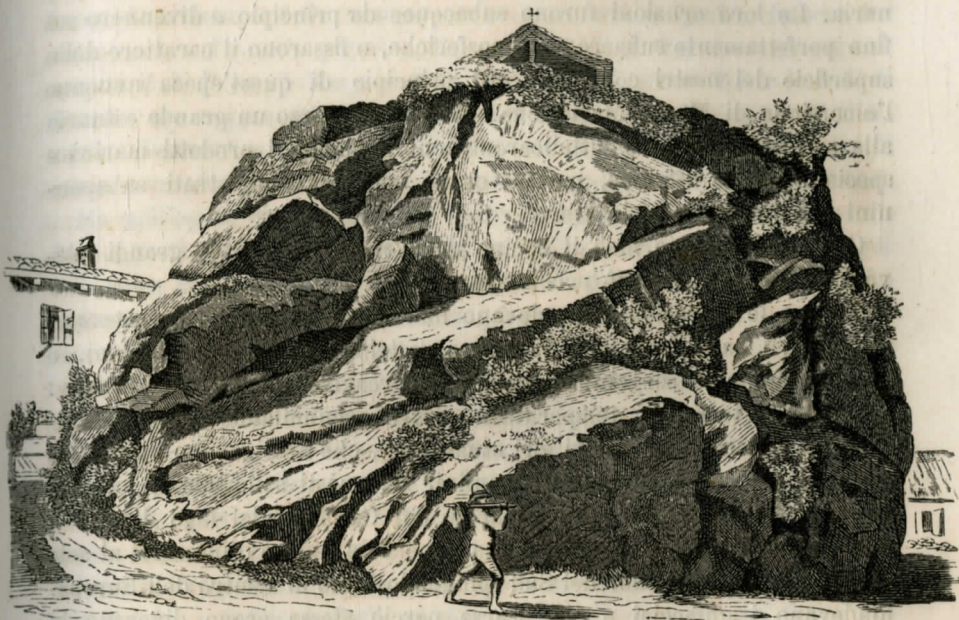



Fig. 93. Il rocco di Pianezza (valle di Susa).

che il continente subappennino finì di trasformarsi e prendere l'aspetto attuale. La degradazione delle rocce trachitiche della tolfa diedero origine ai tufi rossi, che servono ora all'edificazione delle nostre magioni. Dopo questo deposito sottomarino la campagna romana emergeva come una superficie ondulata in cui si tracciarono numerosi stagni, seni ed estuarii di poca profondità nei quali si depositavano le breccie ossifere che coronano i nostri tufi. Le campagne vicine nutrivano i colossali elefanti, ippopotami e cervi, i cui carcami fluitati dalle onde rimasero sepolti alle imboccature de' fiumi. Questi numerosi avanzi depositati in fondo ad un mare superficiale e molto eguale, vennero

poscia sollevati ad intervalli, e così i corsi de' fiumi li poterono solcare e tracciare i primi loro rivi. Questi letti tagliarono que' teneri fondi in mille guise, formando quel terreno ondulato e profondamente solcato che ora vediamo nelle nostre campagne. Fu allora che uscirono di sotterra quelle copiose emanazioni vulcaniche che coprirono tutta la campagna romana mentre non era ancor bene emersa tutta, e determinarono i partiacque de' fiumi e i letti de' torrenti. I due principali centri vulcanici dei Monti Albani e Sabatini emersero e fecero le loro prove sul finire dell'epoca glaciale, e inaugurarono l'Era quaternaria. Le loro eruzioni furono subacquee da principio e divennero sul fine perfettamente subaeree o atmosferiche, e fissarono il carattere delle superficie dei nostri continenti. Al principio di quest'epoca avvenne l'emersione di Monte Mario, che ebbe per un pezzo un grande estuario alla sua base ove si moltiplicarono enormemente i prodotti marini e specialmente le ostriche, mentre erano emersi già gli strati subapennini che ne formano la cima.

Questa elevazione fissò il bacino del Tevere tra le due grandi elevazioni vulcaniche testè accennate.

Mentre le elevazioni succedevano nelle nostre spiaggie, emergevano in Africa i bassi fondi del Sahara e restringevano i mari interni, e preparavano una sorgente di calore che reagiva sul sistema glaciale: allargata la terra, la temperatura solare accumulandosi più energicamente determinava nuovi giri atmosferici, che obbligavano i ghiacciai delle Alpi a restringere i loro confini. Da questi sollevamenti recentissimi il Mediterraneo restò separato dal Caspio e dal lago d'Aral: a una superficie fresca sottentrò una superficie capace d'infocarsi al sole cocente, e i venti caldi del Sud spingendosi fino al centro dell'Europa, fondevano i ghiacciai e più scarse perciò stesso erano divenute le pioggie.

Così il continente Africo-Europeo si trovò trasformato e si ebbe completata l'êra presente.

Se l'êra terziaria è estremamente variata, molto più lo è la *quaternaria* che le succedette. Molti e diversi furono i depositi per i rimpasti delle materie anteriori: confusi così i prodotti vulcanici coi sedimenti antichi, coi depositi di acque incrostanti, ecc. ecc., ebbe luogo un aspetto diverso per ogni paese, che solo può essere individualmente studiato in ogni regione. Quello che è sicuro in quest'epoca si è che le faune vestirono l'aspetto attuale, e comparvero le fiere che vivono ancora attualmente, se non da noi, almeno in altre latitudini.

Durante l'êra glaciale le terre libere erano popolate da elefanti,

mastodonti, jena spelea, orso delle caverne, buoi e cavalli giganteschi che empirono le grotte de' loro ossami: dove carreggiativi dalle fiere per esser divorati (Kirkdale Cave), dove empiti di tritumi di ossa portatevi dall'acqua (Terracina, S. Ciro di Palermo), dove ammucchiativi dall'istinto di ricovero di queste belve, e ne fanno fede i rinoceronti e gli altri resti trovati a grandi profondità ne' depositi glaciali dell'Alta Italia. Essi continuarono lungo pezzo a prosperarvi, e furono forse perfino contemporanei dell'uomo. L'epoca glaciale ha anche i suoi depositi nelle Americhe, ma colà i depositi quaternarii racchiudono una fauna diversissima dalla nostra, e che si accosta a quella tuttora ivi vivente, ora divenuta pigmea. Nei pampas allora vagavano gli enormi megaterii di 8 m. di lungo e 4 di altezza e gli armadilli colossali di 3 metri ora rappresentati da specie nane dello stesso genere. Nell'America Settentrionale enormi dinoceri col capo armato di tre paia di corna e uccelli giganteschi popolavano le sponde dei suoi vasti fiumi.

Ma nell'epoca che successe al ritiro de' ghiacciai non erano ancora finiti i moti del terreno. La Sicilia era allora congiunta all'Africa per una terra che scomparve, e che serviva di ponte agli ippopotami che numerosi presso Palermo si trovano, e suppongono fiumi ben più grandiosi che quell'isola possa nutrire. Forse mentre il terreno colà si abbassava, si elevava da noi, e il continente sollevatosi portava la foce del nostro Tevere dall'estuario di Monte Mario a quello di Ponte Galera, e faceva che, mentre prima esso coi suoi confluenti lasciava le arene alluvionali alle cime del Campidoglio, del Quirinale, ecc., le dovesse poi convogliare fino a Ponte Galera, ove è una traccia di suo antico estuario, che coll'andare de' tempi colmandosi mano a mano si ridusse a Dragoncello ne' tempi di cui la storia ha qualche cenno misto alla favola, e infine a Ostia ne' tempi storici, creando ne' tempi recenti l'enorme promontorio che regna alla sua foce. Quest'ultimo sollevamento del suolo romano fu quello che mise a secco gli estremi lembi della campagna romana, e si confonde coll'epoca detta de' terrazzi nell'Italia superiore. Allora il Tevere lasciò di deporre i suoi relitti sul Campidoglio e sul Palatino, e cominciò il lavoro di erosione che diede origine ai colli romani. Se il dislivello relativo del mare e dell'antico Tevere fossero stati come ora, l'esistenza di un fiume sarebbe stata impossibile attesa l'enorme pendenza che avrebbe avuto verso il mare. Vi fu dunque un dislocamento che mutò quei rapporti e appunto durante tal periodo di sollevamento il Tevere acquistò quella forza che lo fece così *roditore* e capace d'incassarsi e scavarsi un profondo letto entro i tufi della sua vallata.

A questo punto la geologia tocca la topografia, e ogni paese ha la sua storia. Un esame diligente ci mostra che le colline di Roma antica non sono che isole tagliate nella gran fiumana del Tevere, dopo l'epoca di un sollevamento generale che fece emergere la campagna di una trentina di metri in brevissimo tempo, e che chiamasi dai geologi epoca dei terrazzi. Questo spinse fuori dell'acqua il letto generale di tufo giallo litoide che ne forma la base. Con esso vennero sollevati gli strati brecciosi ricchi di ossa elefantine, di balene, di ippopotami e tanti altri colossali animali, oltre ai minori di cui si trovano varii cimiteri a fior di terra e sotto il terreno superficiale alluvionale.

Noi non sappiamo a tutto rigore se quei grandi pachidermi fossero specificamente identici agli attuali per poter vivere nel nostro clima, ove ora non più possono prosperare : ma non era mestieri che fossero perciò di specie diversa ; bastava che fossero forniti di mezzi per ripararsi dai freddi, come il rinoceronte, e gli elefanti trovati nei ghiacci della Siberia, che erano certamente vestiti di peli. Anche ora nei ghiacci che le frane vengono scoprendo sulle rive del Lena e dell'Obi escono fuori avanzi di tali animali, il cui avorio è freschissimo, e talora perfino sono fresche le carni. È evidente che questi animali furono avvolti nel ghiaccio, il quale li conservò in epoche non lontanissime. Essi potevano vivere in que' climi vestiti come erano di fitto e doppio pelo, cioè setole e lana, e passarvi l'inverno senza emigrare. Precipitati forse per caso nelle correnti de' fiumi il cui ghiaccio superficiale si rompeva sotto alle loro moli o infangati nelle paludi nella stagione invernale, le loro carni furono avvolte in uno strato di ghiaccio che coperto e protetto poi dalle alluvioni fluviali non fu più squagliato dal sole, e arrivò fino ai tempi nostri. Onde non è mestieri di supporre nei nostri paesi un clima gran fatto diverso dall'attuale, per spiegare gli avanzi di questi animali nei nostri terreni.

Apparisce pure da ciò che l'êra quaternaria si fonde colla presente in tutto, e che questa non ne è che la continuazione. L'estrema lentezza de' movimenti terrestri, e la discontinuità che separò evidentemente negli ultimi tempi le epoche di questi sollevamenti, spiega perchè attualmente le cose abbiano uno stato apparentemente così stabile: ma se ciò è da noi, non si verifica però altrove, come dicemmo in altre occasioni.

Con ciò dopo aver percorso l'esame delle vaste êre che precedettero l'uomo, ci troviamo ricondotti all'epoca presente in cui la natura facendo tregua cogli sconvolgimenti prodotti dalle forze sue meccaniche

sembra aver tutto affidato il meccanismo superficiale del globo ad una nuova potenza, che è l'energia stessa dell'uomo. Egli è che ora a suo talento sposta i monti, devia i fiumi, dissecca i laghi, asciuga le paludi, taglia i continenti, fa canale dove era istmo, estende la sua coltura ove le onde spandevano i loro abitatori. Questa nuova potenza richiama la nostra attenzione, e dobbiamo occuparcene di proposito.

Ma prima di entrare in questo importante soggetto facciamo una riflessione. Da questo colpo d'occhio generale sulle epoche passate della terra noi troviamo in definitivo la seguente conclusione.

Ove sono i presenti continenti una volta fu mare, mare dapprima profondissimo e popolato di esseri esclusivamente marini, ma già perfetti e tali quali soli possono ancora oggidì vivere in acque profonde (Cambriano). Appresso vennero diminuendo i bassi fondi, e comparvero i pesci che abitano sempre profondità mediocri (Siluriano), e non molto dopo emersero le terre ricche di folta vegetazione palustre (Carbonifero). Ma intanto altrove erano certamente continenti i cui detriti colmavano que' mari, e i cui sali erano carreggiati dall'acqua de' fiumi al mare per dar materia alle costruzioni de' testacei e de' coralli. Quale specie di viventi popolassero que' continenti è ignoto ; ma quali che si fossero, è certo che viventi ci si presentano fin dalle più remote epoche come già perfetti nel loro genere. I generi superiori, come sono gli uccelli e i mammiferi principalmente, non si mostrano che assai tardi sui terreni antichi che noi conosciamo, e quando la terra era passata per una serie di oscillazioni svariate che l'aveva frastagliata in isole, bacini chiusi (Trias) e vasti estuarii. La fauna de' mammiferi presentasi l'ultima affatto, ma in sana logica non possiamo dire che essa comparisse allora in questi terreni per la prima volta ; questi mammiferi poterono immigrare, dagli antichi continenti che si sprofondavano, nei nuovi che emergevano e potevano essi trovarsi già molto prima belli e formati e perfetti. Talchè non sarebbe impossibile che tutti fossero creati da un solo atto simultaneo ed indipendentemente, e che venissero poi successivamente trasportandosi da una regione all'altra cessando di vivere in una e continuando in un'altra; in secondo luogo poterono esser prodotti con più atti indipendenti a mano a mano che i nostri continenti furono atti a riceverli ; in ambedue le ipotesi non era necessario che vi fossero certe gradazioni di sviluppi successivi di specie intermedie che formassero gli infiniti anelli colleganti un ordine all'altro che alcuni suppongono. Ma se le specie vennero trasformandosi da una all'altra tali anelli non potrebbero mancare: ora la scienza è muta su questi intermedii, e quanto si dice è pura

congettura; anzi è più probabile il contrario, poichè vediamo mancare assolutamente certi generi in condizioni del resto favorevolissime alla loro esistenza (Carbonifero).

Di più non potendo le specie attuali resistere al clima sì diverso e monotono che regnava allora, la diversità de' tipi nelle diverse regioni persuade piuttosto una apparizione successiva ed appropriata al nuovo terreno emerso. Gran quantità di erbivori più o meno analoghi ai presenti si mostrano nel continente Asiatico-Europeo, mentre in America si svolgono generi analoghi ai viventi attuali colà, cioè colossali formichieri, armadillos sterminati, ecc.

In tutte queste faune di tipo indipendente non si vede dunque nè il principio dell'evoluzione pretesa da certi moderni, nè appariscono gli anelli intermediarii, onde quella teoria è per lo meno, sotto questo rapporto, non punto provata. E siccome nessuna proposizione deve accertarsi nella scienza se non verificata colla osservazione o colla sperienza, è manifesto che la suddetta teoria delle trasformazioni non può aspirare all'accettazione della scienza, come già asseriva il citato Virchow a proposito di simili dottrine problematiche.

Durante i periodi storici non si è riuscito a perpetuare il risultato di due specie affinissime che pure talora sono feconde alla prima generazione, e talora anche alla seconda (asino e cavallo), e che nelle ossa si distinguono a stento e ciò malgrado la grande loro affinità: come potrà ora asserirsi che specie distintissime vennero dalla trasformazione di uno stesso ceppo? Aggiungasi che la sola considerazione del castello osseo delle bestie che ci presenta la geologia è un nulla appetto di tutte le altre modificazioni e particolarità che offre l'animale completo con sopprassello di tutte le inclinazioni e tendenze istintive e spontanee, che generano delle invincibili avversioni tra specie del resto comunemente affini.

Tutto questo finisce di dimostrare che, senza dire impossibile una variazione di specie entro certi limiti, la scienza non ci autorizza ancora a dire che esse siano variabili.

LEZIONE XIII.

Epoca antropica o umana.

La presenza dell'uomo non si trova con sicurezza se non dopo il pliocene. Le prime vestigie si incontrano nell'epoca glaciale, e solo si svolge nell'epoca quaternaria successiva alla glaciale.

L'uomo però, a differenza degli animali bruti, non lascia solo vestigi delle sue ossa: anzi queste fragili e delicate come sono, si trovano decomposte e raramente sono riconoscibili se non in circostanze eccezionali che ne abbiano protetto la durata. In genere la presenza dell'uomo è testificata dai lavori d'arte: arte diversa secondo le epoche e i gradi di civiltà, e che varia dai sublimi lavori delle piramidi fino alle arti rozze con cui si procurò i mezzi indispensabili alla vita. Questi lavori nell'epoca antica si limitano a selci tagliate per uso di frecce o di asce, e coltelli a corna di cervo, ed ossa appuntate o spaccate per estrarne la midolla. Vasi di argilla fatti senza torno e cotti malamente al fuoco; piccole rotelle di terra cotta, denti bucati, pallottole di conchiglie bucate per servire d'ornamento, ecc.

Solo tardi si hanno avanzi di case, di tumuli, di *dolmens*, *menhirs*, ecc. e costruzioni di grosse pietre che toccano l'epoca storica.

Ogni lavoro d'arte suppone un'intelligenza: suppone cioè uno scopo prefisso al lavoro, cosa che nessun bruto sa fare. Tra queste opere altre sono armi di difesa, altre armi di offesa, altri sono vasi e utensili per preparare il vitto, altri lavori per ricoverarsi e difendersi dalle intemperie, e infine il fuoco, i cui resti e le cui ceneri testificano la presenza di quest'essere, la cui più abietta classe è infinitamente superiore ai bruti più destri e capaci.

Anche qui le epoche sono distinte dalle belve i cui avanzi trovansi commisti a quelli dell'uomo. Tali belve sono l'elefante, il mastodonte, il rinoceronte, la iena, l'orso, il gatto spelèo, il cervo, l'urus, il bue aurochs (Bison Europeus), il cavallo, il grand alce o cervo gigantesco, il daino, il capriolo, gli animali domestici, ecc.

Questi avanzi danno una specie di cronologia relativa, ma senza elemento di tempo calcolabile in modo assoluto ed aritmetico. Si è cercato di formare una scala numerica degli anni, calcolando il tempo

necessario a formare le spessezze dei depositi che coprono gli oggetti sepolti, ma senza costrutto che possa produrre persuasione. Così essendosi trovate ossa umane a 5 metri di profondità nella vallata del Mississipì, e sotto varii strati di alberi atterrati, si è calcolato in quanti anni il fiume coi suoi depositi annuali poteva fare quella spessezza, e si è trovato 50 mila anni. Ma in questo calcolo non si è tenuto conto delle crisi eccezionali, le quali in un anno solo potevano fare più di un metro di quei depositi, come mostra l'osservazione. Lo stesso dicasi dei cocci trovati negli scandagli fatti da Bunsen nella valle del Nilo, la cui profondità è tale che esigerebbe oltre 60 mila anni per formare quello strato, che li ricopre se tutto fosse stato formato a fogli fini come adesso; ma si è trascurato che in sì remote età potevano accader ben altre vicende che in pochi anni facessero ciò che ora si fa in un secolo. Si è invocata la climatologia e l'astronomia, ma quella meglio studiata ha risposto che la temperatura del globo ha variato enormemente ad epoche storiche, e che il grano si raccolse nel X e XI secolo nella Groenlandia e nell'America, oltre 60° di lat., cosa ora impossibile: che fu pur stabile dimora di popolazioni civili, chiese e monasteri, in luoghi di quella regione ove ora è impossibile vivere e il ghiaccio invade tutto.

In quanto all'astronomia restò provato che dei monumenti creduti di 30 e 40 mila anni fa non erano che dell'epoca romana, come i famosi zodiaci egiziani, e le scritture cuneiformi di Asia. Si è dunque dai più saggi rinunciato a queste cronologie fantastiche, e siamo ridotti a studiare soltanto le epoche relative, comparate cioè alle differenti specie di animali che si sono creduti o trovati realmente contemporanei all'uomo, poscia la distinzione delle età della pietra, del bronzo e del ferro.

In prima si è cercato se esso sia stato contemporaneo al Mammout ossia *elephas primigenius*, e all'*elefante antico* e alle due specie di rinoceronte *tichorhinus* ed *hemithoecus*. Tale contemporaneità, a dir vero, non proverebbe una grande antichità perchè in fondo, se non le specie suddette, almeno i generi essendo contemporanei dell'uomo attuale, poco ci voleva che lo fossero dell'uomo quando prese possesso delle nostre regioni, infine il problema si risolve in due modi, o facendo l'uomo molto antico o quelle bestie molto recenti; e di qui non si scappa. Ora la seconda è molto più probabile; tanto più che non è troppo sicura la convivenza dell'uomo con quelle bestie.

Alcuni fondaronsi su certe rosicchiature trovate sulle ossa di queste belve imitanti delle graduazioni equidistanti. Ma Denoyer ha fatto ve-

dere che i denti di certi animali potevano fare le stesse impressioni. Si è fatto gran caso delle selci lavorate, e si sono distinte in paleolitiche e neolitiche. Questa divisione, affrettiamoci a dirlo, è ora creduta arbitraria, perchè anche ora vi sono selvaggi che usano pietre grezze, altri pietre lavorate. Le scaglie di selce credute lavorate e trovate a Ponte Molle unite ad ossa dell'elefante terziario, e al Gianicolo nelle arene plioceniche, sono state scartate, o come cose di rottura accidentale ovvero di dubbia fede in quanto alla loro giacitura, e qui il cimelio ha pregio dalla roccia ove si trova.

La famosa mascella e le altre ossa umane trovate ad Abbeville in Francia nelle Argille terziarie sono ora riconosciute come solenni imposture, essendosi, come già dicemmo, in quelle ossa trovata fresca la gelatina, cosa che mostra un'epoca assai recente di seppellimento. Quei terreni furono già giudicati terreni mobili e rimescolati dal Beaumont (Elie) prima che sorgessero tali controversie che diedero luogo a tante discussioni. Resta adunque a vedere da altri documenti se l'uomo fu mai contemporaneo della fauna terziaria, perchè se quelle argille sono terreni rimescolati, possono contenere cose ben posteriori alla loro primitiva deposizione.

Ma in prima sul conto di questi animali più antichi è da distinguere la coesistenza delle loro ossa coi resti umani, e la convivenza dell'uomo con essi animali viventi. Il primo è un fatto conosciuto e innegabile, ma non implica il secondo, poichè l'uomo potè servirsi pei suoi lavori delle ossa e dei denti degli animali estinti, e allora ancor freschi per i ghiacci in cui erano stati lungo tempo conservati, come si servirono e si servono ora i popoli esquimesi ed artici delle ossa degli animali usciti dalle ghiacciaie del Lena (Pallas) e se ne fa gran commercio in Siberia.

Si sono citati alcuni disegni trovati su palme di corna di cervo e renna, che sembrano rappresentare un elefante lanuto e fornito di criniera e difese ritorte. Ma è manifesto che se fosse stato nel ghiaccio un tal animale ove era sepolto da epoche antiche, esso potè per la sua straordinaria figura colpire la fantasia del selvaggio che lo disegnò rozzamente, come colpì la fantasia degli esquimesi l'elefante lanuto scoperto nei ghiacci della Siberia. E ciò supponendo quei disegni veraci, fedeli ed artistici: ma chi li ha veduti e studiati in originale senza prevenzione ha confessato, che se in certe linee con una *buona volontà* si può riconoscere la testa di un elefante, nel resto colla massima deferenza non trovasi che una congerie di segnacci a cui tutto può farsi dire calcandone alcuni a scelta colla matita (Stoppani).

Si è detto che in America si era trovato un Mammout incagliato nel fango di una palude e mezzo bruciato; ma l'autore di tal notizia è quello stesso che immaginò il gigantesco *Missourianum* infilzando in un filo di ferro centinaia di vertebre di animali differenti e attaccandovi quattro appendici di animali disparati formando così un mostro di 140 piedi che avea alle estremità, invece di unghie, conchiglie di Nautilus, talchè questa scoperta ricevuta con diffidenza degli esperti è ora derisa come una solenne ciurmeria dello speculatore M. Koch (V. DANA, *American Journal of Science,* May 1875, pag. 344).

Cotali argomenti non provano la convivenza dell'uomo: occorrerebbe trovare ossa di tali animali con frecce di pietra infisse, con ferite fatte da lavoro umano, ma finora non se ne ha traccia. Le ossa del cranio di alcuni cervi trovate bucate possono esser lavoro di cervi stessi nelle loro lotte furiose.

Tuttavia non si deve dire la cosa impossibile, nè è da credere assurdo che l'uomo colle sue deboli forze potesse attaccare così colossali animali. L'uomo non lotta solo colla forza materiale e meccanica, lotta coll'astuzia, lotta col veleno, lotta col fuoco, lotta col sottrarre il necessario mezzo di sostentamento alla fiera sua nemica. Così ora gli Indiani colgono le tigri nei lacci, i Caimani cogli ami, ed uccidono coi veleni i più veloci uccelli. V'è di più, che i nani o Pigmei dell'interno dell'Africa, gli Akkas ora ritrovati, fanno la guerra agli elefanti e li uccidono attendendoli al varco in qualche gola, e lanciando i loro piccoli giavelotti di un metro di lunghezza negli occhi dell'animale. Accecato così e reso furioso l'animale cade nei precipizi, dove essi vanno a finirlo colle loro armi imbelli. Tutti sanno la gran paura che questo animale ha del fuoco, e come con questo artifizio i romani vincessero gli elefanti di Pirro.

L'uomo è destinato a dominare tutti gli animali, e quelli che non può farsi servi e domesticarli, presto li stermina, e ciò tanto più facilmente in quanto che i più grossi non possono a lui facilmente nascondersi. Un ribrezzo si impossessa dell'animale alla vista dell'uomo, una volta che ne ha sentito la potenza, e la belva fugge e si ritira dal confine ove ha ora preso possesso l'uomo. Così l'elefante africano che l'uomo non ha potuto domare ora si è trasferito in luoghi inaccessibili anche ai negri dell'Africa centrale, il che ha reso il commercio dell'avorio costosissimo. Così l'ippopotamo è scomparso dalle coste dell'Africa, e si è ritirato nell'interno per fuggire l'uomo.

Non vi è dunque per noi nessuna difficoltà ad ammettere che l'uomo nel diffondersi sulla nostra Europa la trovasse abitata da tali animali

e colla sua arte ed industria riuscisse a sterminarli non solo sempre colla forza, ma collo spavento che loro incuteva, e colle sue astuzie.

Possiam dunque concludere col Lyell, e col Le Hon (pag. 23) *che non vi sono indizi sufficienti per far rimontare l'antichità della razza umana al di là dell'epoca quaternaria:* e collo Stoppani, *che non vi sono prove dimostrative finora della convivenza dell'uomo colle belve gigantesche di specie perduta.*

Questo è confermato dal fatto che gli avanzi dell'elefante si trovano a preferenza misti agli strumenti di pietra più rozzi, che mostrano i primi occupatori umani più grossolani e robusti, e dopo quell'epoca essi non si ritrovano più.

Infatti all'epoca di questi colossali animali ne succede una più mite e che abbonda in cervi, cavalli, buoi, renne, montoni, animali timidi e facil preda dell'uomo. Ne sono piene le palafitte svizzere e le terremare lombarde. Ma non vi mancano le belve feroci, l'orso delle caverne, la iena spelea, il felis o tigre delle caverne che certamente abitavano a parte. Ora di questi ultimi pare che sia stato l'uomo contemporaneo nelle nostre regioni. Le prove sarebbero l'essersi trovati avanzi di questi animali misti a quelli dell'uomo con disegni molto esatti fatti su palme di renna, e manichi di coltello e graffiti su pietre lisce. Ma anche qui ci vuole grande cautela prima di affermare. Se intendesi che l'uomo abbia coabitato nella stessa grotta coll'orso, la iena o la tigre, ciò è troppo assurdo per meritare confutazione seria. Se dunque l'uomo abitò quelle caverne dopo averne cacciato le fiere posseditrici, ciò non è impossibile. Tuttavia bisogna stare anche qui ad occhi aperti, perchè un rimescolamento in uno stesso strato può derivare dalla sepoltura umana. Se l'uomo visse colla belva, esso potè esser vittima della medesima e trascinato là dentro, o esservi perito di morte naturale mentre inconscio del pericolo cercava un rifugio qualunque, quando la belva ne era ancora in possesso. L'orso benchè gigantesco e grosso quanto un cavallo, non pare che fosse carnivoro, e sembra anzi che fosse animale gregario perchè a centinaia trovansi gli scheletri di individui sepolti in una stessa caverna. Non era quindi difficile il disfarsene. Quanto alla tigre e alla iena, benchè non meno feroci delle presenti, poteva l'uomo farne assidua caccia e riuscire a fugarle assai lontano dalle sue abitazioni. Le grotte erano cercate dall'uomo per suo ricovero, ed esso colle chiusure, colle trappole e in mille altri modi poteva impadronirsene fugando i primi abitatori. Se fosse vero quanto si asserisce che nella grotta di Aurignac si trovarono avanzi di orso speleo lasciati come provvisioni ai morti ivi sepolti, sa-

rebbe ciò una prova che l'uomo convisse coll'orso, benchè non in sua società; ma sfortunatamente le ossa trovate non è dimostrato che fossero derivate da un pezzo d'orso lasciato ivi per cibo al defunto, e questa parte della storia di quella grotta è troppo rimpastata di poesia per esser in tutto sicura (V. Le Hon, pag. 42. Lyell, pag. 190).

In Sicilia si sono trovate grotte contenenti avanzi di ippopotami con elefanti e lavori d'arte umana, eppure ora la Sicilia non può nutrire quelle belve ed è separata grandemente dall'Africa per mezzo del mare. Tuttavia ciò non suppone grande antichità, benchè quelle grotte siano sollevate sopra il mare 130 piedi. Si sa che in Candia più di 135 miglia di costa si sono sollevate alle epoche storiche al di sopra di 2 metri. Ora si sa che dalla Sicilia all'Africa vi è un fondo ben basso di appena 40 o 50 fathoms (80^{m} circa), e dal continente all'isola vi è un angusto stretto facilmente transitabile a nuoto dalle bestie feroci. Onde un abbassamento di pochi metri in quel suolo vulcanico potè togliere varii tratti di comunicazione e separarla dall'Africa, anche all'epoca umana, e lasciare gli elefanti e ippopotami isolati quivi che presto dovettero perire. Aggiungasi l'abito migratorio di questi animali, e il loro vivere in acqua, e non farà maraviglia il trovarli in Sicilia anche senza un continente continuato che dia loro passaggio. Però viene un gran dubbio sulla coesistenza dell'uomo coll'elefante dal vedere ch'esso non *ha tratto partito dell'avorio per farne armi*. L'uomo usò il corno di cervo, mai l'avorio, se non in *rarissime* lamine forse già a stato fossile.

Ora perchè? certamente perchè o l'animale era *rarissimo* o realmente mai non l'ebbe vivo o fresco di maniera da usarne l'avorio, se pure non lo vendeva all'Asia.

Adunque anche ammettendo che l'uomo abbia vissuto con queste belve non è dimostrato che esse siano di prodigiosa antichità. Le specie animali grosse si estinguono facilmente al presentarsi dell'uomo. Il bos urus è scomparso, e l'aurochs sarebbe sparito senza la protezione dell'uomo, l'elefante sta per sparire in Africa, e onde non venisse sterminato si è dovuto proteggere con una legge in Ceylano. In pochi anni i coloni sterminarono i dodo e le tartarughe nell'isola Rodriguez e altrove.

Costumi e qualità degli antichi popoli dell'epoca della pietra.

I cenni esposti finora ci mostrano l'uomo che lottava colle fiere; conosciamo le sue armi che erano asce di pietra munite di manichi di

legno spaccato o di corna di cervo, legativi con striscie di pelle, pali aguzzi, frecce di silice. Queste pietre triangolari credute dal volgo per tanto tempo pietre di fulmine, sono soltanto le punte delle frecce usate dall'uomo nella sua caccia e nella conquista del suolo sopra le fiere. La sua condizione non era differente dalle popolazioni che ora abitano le selve d'America e d'Africa. Esso però non era privo delle qualità superiori che accompagnano la sua elevata natura. Esso dovunque se ne trovano avanzi si trova sempre *uomo*, dice Virchow, e forse aveva non pochi vantaggi sulla costituzione attuale. Esso avea un senso della vita dello spirito dopo la morte del corpo, e perciò seppelliva con certi riti i defunti, mettendogli dei cibi accanto di cui giovarsi nel viaggio al regno degli spiriti: esso avea una società e di più avea l'uso del fuoco: e la grotta di Aurignac è un testimonio che questo grande agente era già al suo servizio. Noi non sappiamo come se lo procurasse, ma è probabile che l'ottenesse o per stropicciamento come gli Indiani attuali, o lo conservasse con diligenza come i Persiani e i Romani antichi. Cacciatore per necessità tutto era studio in procurarsi gli strumenti di sua potenza. Ma i materiali che avea a sua disposizione erano ben meschini. La sola pietra focaia e l'osso o il corno di cervo poteva esso adoperare. Quindi le frecce fornite di punte silicee, rustici ami di osso per la pesca, schegge di silice per coltelli e raschiatori, punte acute di osso per forare e cucire le pelli. Però il Livingstone ha notificato che nell'interno dell'Africa tutti i selvaggi sanno lavorare il ferro estratto dalla miniera e conoscono questa benissimo. Lo stesso nell'Asia, onde colà la pietra è rara. Ciò è un fatto rilevantissimo e fa vedere che l'uso della pietra fu sostituito al ferro solo in quelle località ove o la mancanza del minerale, o dell'artista ridusse la popolazione a tale necessità. Non mancava in tanta miseria di manifestare le idee astratte dell'ordine e del bello con cose di ornamento, rustiche sì, ma che mostrano il genio del comparire fregiato. I fili di vegetali o le striscie di pelli gli somministravano i cordami. Quindi ossa e denti traforati, conchiglie bucate sono frequenti insieme coi cadaveri, disposte in modo di collane o di braccialetti. Furono questi attrezzi invenzione dell'uomo selvaggio o non piuttosto imitazioni e reminiscenze di uno stato più civile? La geologia non può rispondere a questa domanda, ma l'insieme delle scoperte in altri rami della scienza, e specialmente la figliazione delle lingue mostra esser più probabile la seconda. Ma non è mestieri ricorrere ad altro che ad un diligente esame degli stessi oggetti per vedere che la loro origine è lontana. Infatti la qualità dei materiali, esotici ai paesi dove si trovano, indicano un tras-

porto da lontano, e mostrano un qualche commercio: così certe pietre vengono dall'Asia. Inoltre la forma della punta di freccia di focaia è piuttosto un'imitazione di quella di metallo che non una forma originale (Fig. 94,$_2$). A che pro quelle alette ricavate col suo peduncolo con tanta cura, mentre poteva essa fare lo stesso uffizio con una semplice forma amandolare? Questa forma suppone una gran pratica nelle qualità delle ferite rese mortali dalla permanenza del proietto, e perciò è consigliata quella forma che facilmente entra e difficilmente esce: ciò suppone idee tutt'altro che di un rozzo selvaggio *autoctono* come pretendono alcuni, ma si capisce bene che potè derivare da cognizioni proprie di un popolo incivilito, caduto nella miseria.

Si è divisa l'epoca della pietra in due, una più antica e rustica detta

Fig. 94. Punte di freccia in selce.

Fig. 95. Punte di lancia in selce.

archeolitica, l'altra più fina e perfezionata detta *neolitica*. Ma tal divisione, se è vera in certi siti, non è generale, e in molti luoghi sono miste le due specie di lavori e non si succedono con ordine. Piuttosto pare che la maggior perfezione dell'utensile dipenda dalla qualità della pietra. In Francia, come nel Périgord, dove aveasi una selce piromaca gentile che si fendeva a lunghe strisce, gli arnesi potevano venir belli, lunghi e sottili. Le breccie trovate da Lartet piene di ossa e di coltelli e di raschiatoi finissimi, ci portano ad un'altra considerazione più importante.

Questi gentili e delicati lavori come erano fatti? Si dice comunemente che col colpo dato da una pietra sul ciglio di un'altra, si staccava la falda liscia e netta di selce per una lunghezza talora di 10 e fino 20 centimetri, colla spessezza di 4 a 5 millimetri. Ma qual pietra

può far ciò? Si sono trovati certi ciottoli rotondati che con un incavo da un lato e dall'altro sono stati creduti martelli destinati all'uso di staccare le schegge dalla focaia. Ma l'ottusità di quell'arnese poteva fare questo uffizio, e decidere la separazione netta di falde aventi appena due millimetri di spessezza con fino a dieci centimetri di lunghezza come trovansi nelle grotte di Francia? A noi pare difficile questo, e ci pare indispensabile per ciò un arnese diverso, forse un martello di sostanza dura e suscettibile di conservare un ciglio vivo, cioè almeno di bronzo o di ferro, se non pure d'acciaio, come nel moderno lavoro delle pietre da fucile. Ma lasciando da parte tal que-

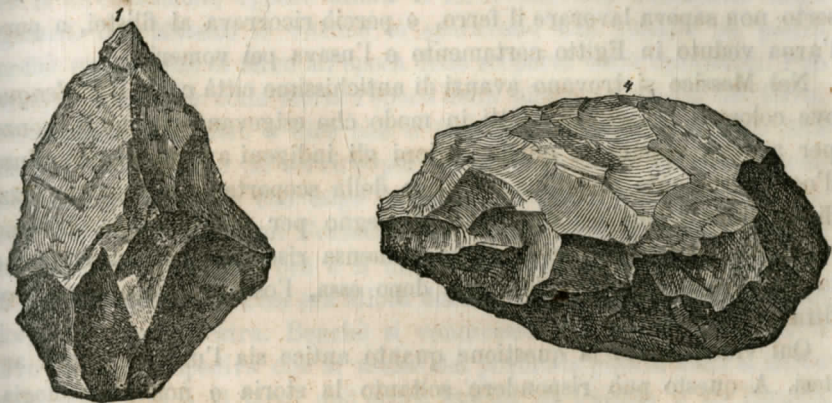



Fig. 96. Ascie di selce.

stione, diciamo che se ciò può passare per l'epoca della pietra grossolana, non può ammettersi per tutti i lavori. Non è punto impossibile che quegli abitatori come si procuravano pietre di lontano, giacchè spesso trovansi arnesi di minerali affatto estranei al paese, si procurassero anche qualche arnese da farli, e questo poteva esser un vero martello di metallo o di ferro qualunque, il quale si custodiva come cosa rara e preziosa da chi l'avea, e forse formava allora un patrimonio ed una privativa per chi ne era in possesso. In una parola, le armi e gli arnesi dell'uomo dell'epoca della pietra non danno un'idea di nozione originale, ma piuttosto di un'imitazione di arredi più perfetti, e suppongono anche, per farli, arnesi più perfetti di quelli della pietra. Nulla dico dell'epoca ultima in cui si fanno i martelli in pietra

col foro per ricevere il manico, perchè qui l'imitazione è troppo evidente.

Può però obbiettarsi: come potè l'uomo perdere l'arte di lavorare i metalli una volta che l'ebbe conosciuta? E se vi erano metalli, come usò la pietra? A ciò è facile la risposta. L'arte di lavorare i metalli dovea presto perdersi da piccole tribù di popolazioni nomadi e staccate dalla madre patria. Le miniere non sono dappertutto, nè è facile a tutti di riconoscerle, o anche riconosciutele, avere la pratica delle operazioni necessarie per cavarne il metallo. Nazioni civilissime sono state senza ferro, come vediamo esser accaduto in America, che pure conoscevano e lavoravano l'oro. Ma questo si trova nativo. Forse il primo ferro lavorato fu ferro nativo. Il popolo ebreo stesso all'uscita dal deserto non sapeva lavorare il ferro, e perciò ricorreva ai filistei, e pure l'avea veduto in Egitto certamente e l'usava pei vomeri.

Nel Messico si trovano avanzi di antichissime città come il *Palenquè* ove colossali lavori sono fatti in modo che esigevano almeno il bronzo per arnese, eppure in quelle regioni gli indigeni aveano perduto l'uso d'ogni strumento metallico all'epoca della scoperta, e si usavano pezzi di ossidiana legati tra due pezzi di legno per far le spade. L'uomo spogliato del ferro è privo d'una immensa risorsa e non gli resta che la pietra o il più duro dei corpi dopo essa, l'osso e il corno e ne profitta come può.

Qui viene subito la questione quanto antico sia l'uso di questi arnesi. A questo può rispondere soltanto la storia e non la geologia. Questa non ha altra lingua calcolatrice che il numero degli strati sovrapposti a tali oggetti: ora abbiamo veduto che questo criterio è incerto. Il fatto è che in generale questi avanzi sono superficialissimi. In rari casi un'alluvione li ha ammucchiati e coperti di molta massa, ma questo si verifica nei confluenti dei fiumi (Somma, Amiens e Saint-Acheul; Roma, Acqua traversa), ove le piene in poco d'ora ammucchiano masse enormi.

I geologi comunemente stabiliscono tre periodi della pietra:

1° Quella contemporanea del Mammout, dell'orso e della iena spelea;

2° Quella contemporanea della Renna e di più miti animali;

3° L'êra neolitica e che confina colla presente, ed è cogli animali domestici attuali.

La prima pare certamente la più antica, quella cioè che conta i primi occupatori del suolo i quali cacciarono le grosse bestie avanti a loro, fino all'estrema Siberia, ove le troviamo ora chiuse nei ghiacci.

Quell'uomo era forte e robusto come quello trovato nelle grotte di Mentone, e a Cro-Magnon di 6 piedi circa di altezza e di forme colossali.

La seconda corrisponderebbe ad una razza Lapponica venuta più al Sud per la recrudescenza dei ghiacci, e sarebbe con esso scesa al Sud la Renna, ecc.

La terza è quella delle palafitte o abitazioni lacustri (descritte già da Erodoto per alcuni popoli persiani), delle terremare di Lombardia, e degli avanzi di cucina *(Kiökken möddings)* che confina colla storia.

La storia altra è scritta, altra è tradizionale, e questa è sempre più antica. La scritta ci dice che ai tempi di Abramo si usava la pietra per la circoncisione, eppure allora il ferro era ben conosciuto dagli Egiziani. Nel Messico le vittime si sparavano con coltello di pietra perchè mancavano di ferro all'epoca della scoperta degli Spagnuoli. Può adunque coesistere colla storia l'epoca della pietra, e quella del ferro.

Comunque sia, altro è dire che il ferro era conosciuto, e altro dire che era così comune da servire per tutto e in tutti gli usi e farne quell'enorme consumo che esige la caccia, la pesca, e la guerra in genere delle orde selvagge. Forsechè noi usiamo ora in tutti i casi in cui potrebbero servire l'oro e il diamante? Essi si tengono solo per gli usi indispensabili. Così era allora del ferro. Pel resto questa è triste gloria dell'epoca nostra. Benchè si conoscesse dai popoli primitivi il ferro ciò non impediva che si usasse dai poveri la pietra. Essa si trova mista al bronzo e al ferro nell'epoca storica di Felsina e di Etruria e Roma, onde non è da credersi che ogni scaglia di selce sia lavoro di un'enorme antichità: all'Esquilino in Roma si sono trovate armi di pietra, nel contorno del recinto delle mura di Servio Tullio si sono trovati dal sig. Nardoni frecce di pietra, con avanzi di vasi non lavorati al torno e cotti senza fornace, spilli grossolani e altri attrezzi che altrove si direbbero dell'epoca archeolitica. Non occorre ripetere che oggi stesso nell'America in molti punti, e nell'Australia, è l'epoca della pietra per i selvaggi e gli indiani nel servizio comune della caccia, benchè possiedano ancora e spade e baionette e fino armi da fuoco, non solo i limitrofi popoli colti, ma i principali capi delle tribù.

Laonde mentre l'Egitto e l'Asia erano nel gran lusso di strumenti di bronzo e di ferro, i popoli provenuti dall'Oriente e sparpagliati sulla Francia, sulla Germania, la Scandinavia e tutta l'Europa settentrionale potevano essere all'epoca della pietra. I Latini che andarono contro ai Troiani usavano *ligones* di pietra e pali aguzzi al fuoco per aste. Serse nella sua invasione della Grecia portava legioni armate

con lance di focaia, mentre le altre erano guarnite di ferro. Il capitano romano Agricola non potè avere per tributo dai Britanni che miseri ornati di osso. Nè questo è il caso unico nella storia, poichè in Lapponia e presso gli Esquimesi l'uso di queste armi durò fino al principio del secolo attuale e in America dura tuttora.

Il trovarsi copiose le pietre dal lato dove l'Europa confina coll'Oriente per terra, e rare dal lato dove confina col mare, suggerisce il pensiero che quelle popolazioni nel diffondersi man mano nei continenti perdessero i comodi necessari al lavoro dei metalli, per la difficoltà del viaggio, mentre i marinari poterono più facilmente conservare tali pratiche per la coltura maggiore dei popoli emigrati e per le comitive più numerose in cui essi si trasportavano da un luogo all'altro, aiutati a ciò da più agevole commercio del materiale primo venuto per gran tempo da lontano finchè potè cavarsi dalle miniere del paese.

Per l'epoca primitiva coeva al Mammout, noi non abbiamo che scarse prove della specie di vita sociale condotta dall'uomo, ma esse divengono presto così frequenti nella seconda epoca più culta, che non vi può esser dubbio che esso avea società anche in quell'altra: l'uomo non fu mai senza società, e il suo stato selvaggio non lo priva della famiglia. Ma il cacciatore nomade non lascia traccia della sua abitazione, come è ben naturale, e perciò rare sono le tracce della sua residenza nelle epoche remotissime.

Qualità fisiche dell'uomo primitivo d'Europa.

Lo studio antropologico è appena cominciato nell'Europa: nell'America quasi tutto è dominio della storia e le reliquie più antiche si trovano indubbiamente posteriori all'uomo già esistente nel vecchio continente. Si è dunque cercato quali fossero le qualità fisiche dei primi abitanti d'Europa nell'epoca più antica della pietra.

I resti umani di quell'epoca essendo scarsi, scarse pure sono le cognizioni e quindi incerte. Tre soli cranii furono dissotterrati che credonsi molto antichi. Uno fu quello di Engis assai piccolo e rachitico. Un altro fu trovato presso Düsseldorf a Neanderthal. Questo avea ciglia frontali molto rilevate e cavità craniale depressa, ma la cui capacità era media fra il massimo e minimo degli uomini (Dana, pag. 575) e in nessun modo secondo Huxley può esser l'anello tra l'uomo e la scimmia.

Lo scheletro di Mentone si trovò di forme gigantesche ad angolo

facciale di 85° e di capacità eguagliava quello di un buon *stoutman* inglese. Altri se ne trovarono apresso a Mentone stessa, e si vide che appartenevano a gente da non far disonore ai più robusti e colossali contadini nostrali. Che se ne poteva concludere? Soltanto che quel primo cranio poteva essere di una figura mostruosa, cretina, difettosa. Ma con tutto ciò esso sorpassava in capacità molti di quelli che vivono ai tempi presenti. Lasciamo stare l'assurdo principio su cui è fondata tale classificazione, quasi che la capacità materiale fosse tutto, come chi dicesse che la misura della ricchezza debba prendersi dalla capacità della borsa dei denari, senza aver riguardo alla qualità delle monete, se di rame o d'oro. Lasciando, dico, questo assurdo principio teorico, noi abbiamo innumerevoli fatti opposti al presente ove mediocri capacità cerebrali hanno appartenuto a uomini di immenso genio letterario e scientifico (V. Quatrefages).

La sola conclusione si è che gli uomini della pietra erano *uomini* e non scimmie o loro intermedii, e che in genere erano della qualità antropologica detta *Brachicefali,* cioè a testa tonda e corta. Distinzione sì ben nota agli antichi scultori che, come può vedersi in parecchi monumenti, amavano rappresentare lo schiavo germanico colla sua classica testa allungata secondo il tipo *dolicocefalo,* e il guerriero romano colla rotonda secondo il *brachicefalo.* Questo ultimo tipo è dominante nella razza latina e gallica e l'altro nella germanica. Questo prova due razze diverse che mescolate diedero la varietà dei tipi attuali, e che venute da parti opposte si congiunsero nell'Europa Orientale.

Pare pertanto che i primi conquistatori dell'Europa occidentale nell'epoca della pietra fossero brachicefali, e che si diffondessero nella Francia, Svezia, ecc.; ma mentre nella Francia settentrionale e nel Belgio si trovano di piccola statura e fronte bassa (Aurignac), a Mentone e nel Périgord (Europa meridionale) fossero di alta e colossale statura.

All'epoca della più remota pietra succede quella della pietra lavorata che trovasi nei resti delle Capanne della Svizzera, dei *Kiökken möddings* di Danimarca (avanzi di cucina), delle terremare di Lombardia, ecc.

Qui la questione è più semplice e tocca alla generazione presente. Gli animali in quest'ultima epoca sono non più colossali nè feroci, ma i domestici di adesso, bue, cavallo, pecora, maiale, cane, gallina, ecc. Gli avanzi delle cucine di Danimarca sono come quelli lasciati or ora nelle coste d'America dai selvaggi. In quelli si trovano perfino arnesi di bronzo e qualche vestigio di ferro.

Popolazioni, non più nomadi e cacciatrici come le primitive, fissarono delle sedi ed ebbero una qualche industria agricola che richiedeva stabilità, onde formarono colonie. Ma sempre in guerra fra loro era mestieri che cercassero siti forti per difesa onde ripararsi dagli assalti imprevisti. Nei luoghi ove abbondavano le acque, essi costruivano capanne sopra palafitte che non erano in comunicazione colla riva che per un angusto ponte formato da un albero che si levava la notte per esser isolati. Ove le pianure e le colline non aveano questi comodi, facevano palizzate in giro attorno al loro campo, e stavano stivati in piccol cerchio di spazio, e per misura igienica tutte le sozzure erano deposte in un sito unico separato dal campo che formò secondo alcuni le terremare d'Emilia.

Nei siti ove il terreno presentava scogli e cime isolate, essi ne guarnirono il contorno di grosse pietre come nelle città latine, e ne tagliarono anche gli istmi profondamente per renderli di più difficile accesso. Così si formarono le città del Lazio e dell'Italia meridionale, ove non si trova altro che le faccia riconoscere fuorchè la cinta di pietra, essendo il resto una riunione di capanne di legno e perfin senza fondamento di muro nè altra traccia che abbia saputo resistere al tempo e agli incendi.

Riassumendo il detto apparisce che l'uomo non è autoctono della nostra Europa, ma che vi è immigrato da altre regioni e, come la critica mostra, piuttosto dall'Asia. In questo viaggio migratorio delle tribù primitive si verificarono due fatti. I primi arrivati dovettero lottare con belve potenti che godevano il possesso del suolo, e nella loro peregrinazione avendo perduto l'uso dei più utili metalli, furon ridotti a servirsi della pietra per fornirsi di armi da debellare i primi possessori del suolo. Questi cacciati dalla forza, dal timore e dal pericolo fuggirono innanzi all'uomo. Alcune classi che cedettero alle sue industrie ed erano atte a sostenere il clima allora rigoroso, si acconciarono con lui allo stato domestico, e si ebbe l'età della Renna. Cresciuta la temperatura, questi animali coi loro detentori si ritirarono verso il polo e succedette una popolazione più stabile, più civile ed operosa che senza godere l'uso di supellettile ricca metallica, pure ebbe una civiltà. Talchè a ben giudicare la geologia racchiude in sè il progresso della diffusione e propagazione successiva dell'uomo sulla nostra Europa, e la prima pagina della storia umana nel nostro continente è quella stessa che fu ultima nell'America all'epoca di Colombo. Benchè non sia possibile fare una cronologia rigorosa di queste epoche successive, tuttavia vi sono alcuni fatti che ci danno indizio che l'antichità

di queste epoche non è enorme. In Svizzera presso Villeneuve allo sbocco della Tinière nel cono di deiezione di questo fiume ad occasione della ferrovia fu fatta una trincea, e si scoprirono tre strati di terra vegetale intercalate da masse alluvionali assai importanti, ricchi di oggetti lavorati, di 3 epoche. Il 1° ha 4 piedi di profondità a partire dall'alto ed ha 4 p. 6 poll. di spessezza, ed è di epoca Romana. Il 2° è a 10 piedi di profondità ed ha una spessezza di 6 pollici, vi si sono trovati vasi di terra non inverniciata e alcuni oggetti di bronzo. Il 3° sta a 19 piedi di profondità con 6 a 7 pollici di spessore, e contiene oggetti di pietra lavorata con vasi grossolani e carboni. La prima epoca non va più in là secondo M. Morlò di 1600 a 1800 anni. La seconda del bronzo non più di 2900 a 4200, la terza da 4300 a 7000 anni, supponendo la medesima costante proporzione nella formazione di strati: ma siccome i fiumi fanno a certi intervalli sempre grandi inondazioni e trasporti, è probabile che il tempo sia molto più corto, onde l'età della pietra polita non supera certamente i 5 in 6000 anni.

Ma mentre l'Europa era in questo stato di ultima fimbria della civiltà, il centro suo in Asia fioriva di arti ed industria. A persuadersi di ciò basta legger le storie antiche di Erodoto e Senofonte, da cui apparisce in qual barbaro stato trovarono l'Asia minore i greci nel ritorno dalla loro spedizione in Persia, mentre in tanta prossimità aveano sì grandi centri di civiltà. Senza l'impero romano che spinse la civiltà all'ultima Tule, forse la Gallia, la Germania, la Dacia resterebbero ancora nella barbarie in cui li trovarono gli eserciti Romani, e senza la seconda civiltà diffusa più oltre nel IX° e X° secolo dal cristianesimo, i popoli più settentrionali sarebbero ancora alle loro pelli e ai loro strumenti di osso e di pietra.

Che la propagazione della civiltà fosse lenta da principio non può negarsi, e che lo dovesse esser per necessità lo prova l'America stessa, ove il selvaggio lotta anche adesso contro la civiltà, e preferisce di estinguersi piuttosto che profittare dei suoi benefizi. Eppure la civiltà progredisce in ragion geometrica, onde se ora che è sì potente è da sorprendere la sua lentezza, che non sarà stato allora che era bambina e che un clima rigido all'estremo ne contrastava nelle nostre regioni non ricche d'oro o d'argento la diffusione?

Ma mentre l'uomo anteriore alla storia nell'Europa è sì povero, non è però men astuto, men forte. Esso mostra il suo dominio alle belve, sa farsi i ripari, cerca i comodi e fino gli ornamenti, e nessuna traccia

comparisce di quei mostri intermedii da cui si vorrebbe far credere che esso è derivato per una continua trasformazione.

La geologia anche qui contradice la pretesa moderna filosofia per il genere umano, come la contradisse per gli altri generi di viventi. Essa non può fissare è vero il numero degli anni che impiegò l'uomo a conquistare la terra, ma dice quanto può in sua lingua, mostrandocelo superficiale al sommo, e l'ultimo essere che comparve sulla faccia del globo.

GRANDEZZA DEL CREATO

APPENDICE ALLE LEZIONI DI FISICA TERRESTRE.

Si è creduto far cosa cara a quanti conservano grata memoria dell'Autore delle precedenti lezioni, col pubblicare qui per la prima volta i discorsi letti dal medesimo all'Accademia Tiberina di Roma nei giorni 6 marzo 1876 e 7 maggio 1877, intorno alla *Grandezza del creato,* i quali furono assai applauditi da coloro che ebbero la ventura di udirli, e desiderati da molti che ne ebbero dipoi contezza. Essi possono infatti considerarsi come un complemento di quelle lezioni, perchè in gran parte si riferiscono alle cose quivi toccate, riguardandole da un punto più alto di vista, e in oltre le collegano colle più importanti notizie svelateci dalla scienza astronomica, dalla chimica, e dall'antropologia.

Il Ch. Autore, quantunque pregatone, non si risolvette mai a darli alle stampe, forse perchè aspettava di ritoccarli e ampliarli con quell'agio che le occupazioni incessanti e la malferma salute non gli permisero ne' pochi mesi che sopravvisse. Ma i lettori, che ammirarono la sua maestria in opere di maggior lena, sì come avran saputo tener conto delle circostanze per le quali le lezioni di fisica terrestre uscirono piuttosto abbozzate che finite, così ancora vorranno riconoscere in questi nuovi discorsi uno schizzo uscito dalla sua penna, il quale gli servisse di fondo alle letture che era per farne, e non un'opera in tutte le sue parti compiuta.

Fidati appunto in cotesta benevola disposizione de' leggitori, non ci credemmo lecito il metter le mani nelle lezioni già dette, sia per migliorarne lo stile e il linguaggio, che a taluni parve in più luoghi negletto e rozzo, sia per modificare alcune asserzioni che ad altri sembrarono meno esatte, amando meglio lasciarle nella nativa lor forza ed originalità. Per gli stessi motivi abbiamo stimato dover pubblicare questi discorsi quali si trovano nell'autografo, salvo la correzione di alcuni scorsi di penna, e la mutazione d'un qualche termine, il quale se potè usarsi parlando ad una classe speciale di persone che lo avrebbe inteso giustamente, dall'autore stesso sarebbe stato cambiato volendo dare agli stessi discorsi una maggiore pubblicità. Alcune aggiunte poi dall'autore notate in margine, e che non apparivano appartenere al contesto del discorso, sono state riportate in altrettante note a piè di pagina, per non defraudare i lettori di quella qualunque dottrina che in esse è racchiusa.

Aprile 1879.

P. G. St. Ferrari.

DISCORSO PRIMO

La grandezza del creato nello spazio e nel tempo.

Più volte, o signori, ho sperimentato la vostra cortesìa nell'esposizione dei varî argomenti, il cui studio particolareggiato caratterizza l'epoca della scienza attuale, la quale, schiva di generali speculazioni, preferisce la disamina rigorosa de' fatti singolari. Quanto l' antico sapere amava di prendere sua mossa dalle cime astratte del pensiero per discendere a sfiorare appena il suolo di questo basso mondo colla punta delle sue ali; altrettanto il genio presente ama di studiare il creato visibile che ne circonda per salire da esso alle alte sfere della sintesi generale.

Forse questo si spinge troppo oltre, e abbiamo a deplorare sovente che in luogo di dominare questo creato con isguardo scrutatore, per esplorarne i veri sublimi che in sè stesso nasconde, l'umana mente si trova strisciare vilmente su di esso, e talora impantanarsi anche troppo nella melma di una pura materia.

Se vi è scienza però che possa sollevarci da tale avvilimento, è la scienza de' cieli: è proprio di essa innalzare l'umano intelletto ad elevati concetti, e dimentico quasi della materia a cui è legato, lo conforta a slanciarsi nel più sublime di cui è capace. Queste idee generali però l'astronomo poco può gustarle, immerso com'è d'ordinario ancor esso nelle cifre e negli elementi della pratica materiale: senonchè questa volta mi permetterete di trattenermi alquanto su di esse, favorito dalla circostanza, che le scoperte straordinarie di fatti nuovi ci lasciano quest'anno qualche tregua.

Ho dunque pensato che non vi riuscirebbe discaro che io venissi esponendo, come in un piccolo quadro, gli stadî percorsi dall'umano intelletto per arrivare alla grandiosità del concetto del creato che ora possiede sì nello spazio come nel tempo.

Le idee di spazio e tempo sono così tra loro congiunte che l'una non può stare senza l'altra nel campo delle intelligenze; onde verrò ravvicinando questi due termini nella contemplazione della natura, per trarne

un concetto, il meno imperfetto che sia possibile, del creato. Vi farò dunque vedere che mentre l'astronomia ci presenta qual frutto di sue fatiche la immensità del creato nello spazio, altrettanto le scienze sorelle ce lo rappresentano vasto nel tempo.

Il primitivo concetto che gli uomini ebbero del creato, ci viene in qualche modo conservato nelle poetiche tradizioni. Omero ci dipinge la terra come una grande pianura, che ai loro sguardi si presentava limitata dall'Oceano che la circondava da per tutto.

L'Oceano era terminato dal Cielo; i luminari maggiori e minori si tuffavano la sera nelle onde azzurre del mare tenebroso per rinascere lavate al mattino quando l'aurora colle rosee dita schiudeva le dorate porte all'aureo Sole. Sotto questo velo poetico resta indicato il concetto che i prischi uomini della tanto decantata Grecia, si facevano del mondo.

Più tardi ancora non solo i volgari, ma gli stessi filosofi (e basta veder Lucrezio), quali strane idee non ebbero del nascere e tramontare degli astri, o meglio del loro smorzarsi ed accendersi! (1).

E Virgilio, *quel Savio gentil che tutto seppe,* desiderava sapere come cosa astrusa

Quid tantum Oceano properent se tingere Soles
Hiberni, vel quae tardis mora noctibus obstet!!

Eppure questo non è per noi, se non un problema di elementarissima cosmografia. Ma come si reggesse quella pianura, e dove fosse limitato l'Oceano essi nol dimandavano.

Gl'Indiani, che ci si vantano per tanto savî e tanto antichi, hanno conservato la memoria de' primi sforzi fatti dal pensiero umano per sciogliere il più ovvio de' problemi che si presentava immediatamente alla riflessione: cioè qual fosse la strada tenuta dal Sole nella notte. — Ignorando la forma della Terra, e non potendo essa poggiare direttamente sul Cielo, e per non cadere, dovendo esser pure in qualche modo sostenuta, ne

---

(1) Tempore item certo roseam Matuta per oras
Aetheris auroram defert et lumina pandit:
Aut quia Sol idem sub terras ille revertens
Anticipat coelum radiis accendere tentans:
Aut quia conveniunt ignes, et semina multa
Confluere ardoris consuerunt tempore certo,
Quae faciunt solis nova semper lumina gigni.
Quod genus, Idaeis fama est e montibus altis
Dispersos igneis orienti lumine cerni:
Inde coire globum quasi in unum et conficere orbem.

LUCR., *de rer. nat. L. V,* 655 e segg.

imaginarono varî sostegni, l'uno sovrapposto all'altro, ma dove poggiasse l'ultimo nol dissero nè lo cercarono (1).

Se tali furono le prime idee de' mortali sopra la costituzione dell'universo, fu certamente un passo immenso quello con cui *si ardì* concepire la *Terra sospesa nello spazio, ed avere in se stessa i suoi fondamenti,* ed essere l'*Oceano librato intorno alla sua mole.*

Ma fu questo un frutto della pura umana intelligenza e speculazione? Io per me lo stimo assai dubbioso: piuttosto credo che questa grande idea non fu che un'eco lontana di quella scienza, onde fu arricchito il primo Progenitore, e che venne trasmessa a' suoi discendenti: ma erasi dimenticata dal mondo pagano, e solo restava nelle grandi tradizioni del popolo eletto scritta in linguaggio in gran parte incompreso, e che la scienza oggidì ci rischiara. Considerando l'ordine naturale di quelle grandi operazioni fisiche che subì la materia nel dare origine al mondo presente, mediante lo svolgimento delle leggi impostegli dal Creatore, essa dovette essere una massa caotica e nebulosa, destinata a formare i varî mondi, nel cui seno si destò la grande conflagrazione che la rese luminosa, ed è espressa coll'imponente frase *fiat lux.*

Dopo questo, avvenne la formazione di quel *Firmamento,* di cui parlano le Sacre Carte, il che non potè esser altro che quel gran fatto, per cui il nostro globo restò indipendente da tutti gli altri separatisi dalla massa caotica.

Per questo fatto formossi lo spazio libero attorno a ciascuno di quei corpi, cioè si formò l'*expansum,* come altri interpreti tradussero.

Fu in seguito di questo fatto che la massa intera del globo restò in se stessa invariabilmente *fermata* e *fondata* in equilibrio colle forze della sua sola gravità. Si fu per esso che i fluidi di ogni specie, e segnatamente le acque del nostro globo, si trovarono separate dalle acque che restarono in cielo, non solo come si è interpretato finora, che quelle acque consistessero nei vapori che sono sospesi nell'atmosfera nostra, ma bensì e principalmente da quelle acque che furono rilegate negli altri pianeti, come Venere, Marte, Giove e Saturno, e perfino nelle stelle stesse ove lo spettroscopio ce le ha mostrate, tanto in istato di vapore, quanto nei loro elementi chimici dissociati, l'ossigeno e l'idrogeno (2).

---

(1) Vedi *Fisica Terrestre,* Lez. I, pag. 3.

(2) Non è qui luogo di entrare in una discussione biblica, ma non saranno inutili le seguenti animadversioni:

Il Firmamento è la prima cosa che dicesi *fatta,* cioè eseguita o accaduta dopo la separazione della luce dalle tenebre (*Gen.* I, 6 e seg.). Ecco il testo (v. 6): *Dixit quoque Deus fiat firmamentum in medio aquarum, et dividat aquas ab aquis* (v. 7): *Et fecit Deus firmamentum divisitque*

La materia dei pianeti essendo della stessa qualità in tutti, le acque, anche intese in istretto senso (ossido di idrogeno), furono comuni a tutti, e così rimasero separate quelle della terra da quelle del cielo, cioè dei corpi celesti. La tradizione è ora spiegata dalla scienza, l'acqua non istà solo in terra, ma anche nei corpi celesti, sia in forma liquida, sia di vapore, sia di elementi chimici come nelle stelle. Non è più mestieri tormentarsi il cervello per limitare il Firmamento all'atmosfera. L'operazione qui indicata è più grandiosa di questa; essa abbraccia cielo e terra, e ora che si sa che l'acqua è pure in cielo ben al di là dell'atmosfera e nei corpi celesti in genere, risalta la facilità della interpretazione; e dirò anche potersi argomentare da ciò che lo scrittore fu ispirato, e che ci trasmette una rivelazione primitiva soprannaturale, perchè al certo non poteva sapere naturalmente che colà fosse l'acqua, non avendo davvero lo spettroscopio da guardare le stelle.

Conseguenza pertanto del concetto di questo isolamento della nostra terra nello spazio, si fu l'immaginarla collocata nel centro dell'Universo, perchè in questo punto solo potevansi concepire librate tutte le forze, e conservarsi la sua stabilità, senza che fosse sollecitata dall'una parte più che dall'altra, nè andasse a cadere in qualche ignoto abisso. Così potè verificarsi ciò che Lucrezio espresse con queste parole:

Terraque ut in media coeli regione quiescat,

e capirsi come, per esser dessa così collocata, scemasse la gravità sua verso il centro delle cose, ed

Evanescere paullatim et decrescere pondus
Convenit.

La Terra, come centro dell'Universo, fu il punto di partenza delle speculazioni di tutti gli antichi astronomi, e tutti i loro sforzi furono

---

aquas quae erant sub firmamento ab his quae erant super firmamentum; et factum est ita (v. 8): *Vocavitque Deus firmamentum coelum et factum est vespere et mane dies secundus.*

Nel primo giorno dunque non si fa che il *Firmamento*, ossia l'*expansum*, cioè quello *spazio* che separa i pianeti ed i corpi celesti dalla terra: è dunque, questo fatto, l'isolamento della terra dagli altri corpi mondani. Le acque, di cui si parla, sono i fluidi in genere che formavano ancora le moli stesse, perchè il mare non era ancor fatto e si fece nel terzo giorno.

Si può confermare la grandiosità della operazione cosmica del secondo giorno, e che essa riguardi tutto il mondo, perchè nel salmo CXXXV dove si descrivono le stesse cose si dice (v. 5): *Qui fecit coelos in intellectu* (v. 6): *qui firmavit terram super aquas;* e subito si soggiunge (v. 7): *Qui fecit luminaria magna,* indicando la formazione primitiva e la separazione delle masse dei luminari, che poi furono perfezionati appresso. Ed in Giobbe XXXVIII, 4, questa operazione si dice il *mettere i fondamenti della terra,* perchè realmente la terra è fondata sopra se stessa e sul proprio equilibrio per l'azione della gravità.

diretti a cercare di capire come mediante movimenti di sfere concentriche alla medesima si potessero spiegare i moti apparenti degli astri. Non fu difficile il trovare un congegno che desse ragione de' moti dei maggiori luminari, il Sole e la Luna. Una sfera speciale a ciascuno con asse obliquo a quella delle stelle li trascinava in giro attorno ad essa, mentre tutte le altre infisse sopra di una solida sfera indestruttibile ed invariabile, eran portate in giro attorno alla terra.

La Luna avea pure la sua sfera, e faceva in un mese il giro, che il Sole faceva in un anno con diversa obliquità.

La cosa era più difficile pei pianeti. Era difficile dar ragione dei loro moti ora diretti, ora retrogradi, ora stazionarî. Restarono famose le sfere di Callippo, le quali, se non riuscirono all'intento, vi si accostarono però assai, e in tale invenzione l'antico geometra diè saggio di acume d'ingegno straordinario, e se furono derise da prima, ciò fu perchè non vennero capite; ma in fine eccitarono l'ammirazione dei moderni geometri, quando da una gloria vivente della scienza italiana, il professore Schiaparelli di Milano, vennero discusse e rimesse nella loro vera luce.

Riusciti vani i tentativi per movimenti concentrici, gl'ingegni si rivolsero alle orbite eccentriche, ma a tutti i tentativi di questa specie faceva grande difficoltà il trovar modo da tener sospesa la Terra fuori del centro del mondo. Le menti non trovarono pace su questo punto, se non quando Copernico fece comprendere che l'esser la Terra rotonda non portava per necessaria conseguenza che essa fosse il centro del mondo, perchè i gravi ad essa concorrevano, non come a centro del tutto, ma come a semplice centro di massa attraente, ed essa si conglobava in isfera pel principio stesso con cui le gocce de' liquidi si dispongono in tal forma per la loro mutua attrazione, proprietà comune anche agli altri pianeti tutti globulari e sferici. Onde dalla sua forma non si poteva concludere esser essa centro dell'Universo, ma soltanto centro di forza attraente non punto più che Venere o Saturno. Egli dava così il primo lampo della teoria della gravitazione universale.

Stabilito così non esser mestieri che la Terra fosse fissa nel centro del mondo, prese consistenza il concetto emesso già in confuso da gran tempo di una Terra girante attorno ad un altro centro, che alla sua volta si tenne fisso, cioè il Sole.

Ma da questa conseguenza l'umano intelletto restò spaventato. Benchè fosse poco conosciuta la vera distanza della Terra dal Sole, e appena si supponesse uguale ad un centesimo del vero, pure la dimensione del suo grand'orbe era sterminata, e tuttavia dalle ricerche fatte da Galileo

sopra le stelle, risultava che questa immensa linea svaniva, e diventava un semplice punto veduto dalle stelle fisse. Si stimarono allora inammissibili le loro enormi distanze, che ora sappiamo non poter esser minori di 206.265 volte quella che ci separa dal Sole. Lo spirito umano, in una parola, si spaventò quasi dell'opera sua, e per qualche tempo, e finchè le prove non furono ineluttabili, cercò sfuggire da queste conseguenze trincerandosi dietro sacre parole, interpretate in modo, che di poi si riconobbe fallace.

Ma le prove più concludenti non tardarono a comparire per opera di Keplero, di Bradley e di Newton, e la capacità dell'umano pensiero trasvolò ben presto i calcoli della fredda aritmetica, e si andò familiarizzando colla conseguenza che fu già tanto paurosa. Ed in quella guisa che entrando noi in quel gigantesco monumento che immortalò il genio di Michelangelo nel Vaticano, ci spariscono le ingenti moli delle sue membra, assorbite dalla proporzione ed armonia delle parti, così nella contemplazione del mondo, distrutta che fu una volta la sfera limitatrice del suo contorno, l'opera del Creatore ingigantì, e per noi il Sole stesso non fu più che un astro mobile di grandezza secondaria rispetto a tanti altri, e appartenente ad un sistema, in cui le misure del nostro grand'orbe svaniscono. L'unità di misura non fu più la sua distanza, che viene percorsa dalla luce in $8^m\,{}^1/_2$ di tempo, ma diventò quella che dalla stessa luce si percorre in un solido *triennio*.

E fosse pur vero che le maggiori stelle stessero a così limitata distanza! che almeno potremmo formare una scala per le altre, e conoscere le distanze relative, che dalla fotometria e dai moti proprii risulterebbero con certa proporzione abbastanza definibile. Avremmo così le stelle di 2ª e di 3ª grandezza ecc. a distanze doppie, triple, ecc.; talchè le ultime Herscheliane sarebbero a tanta lontananza, che la luce impiegherebbe 10 mila anni a percorrerla. Ma neppur questo è dato, perchè quelle di prima grandezza non hanno la parallasse di un secondo in arco, che è la base di tutto questo calcolo; onde per quanto sia vasto, un largo indefinito ulteriore è lasciato da questo calcolo alla immaginazione.

Colle distanze crescono in proporzione le moli dei corpi celesti, e mentre le dimensioni solari cresciute in diametro, a lor volta quelle della nostra terra parevano intollerabili; ora senza difficoltà parliamo di Nebulose grandi non meno dello spazio occupato dall'intero nostro spazio planetario, e di altre enormemente più grandi ancora.

Nè ci spaventano più gli astri collocati a tal distanza che la luce impieghi per arrivare non solo i secoli, ma le centinaia di secoli.

Eppure le dimensioni del creato non sono che un lato solo, e ben

grossolano, delle sue meraviglie a confronto della sua interna organica costituzione. E primieramente, come noi ignoriamo la grandezza dello spazio, in che è diffuso, così ignoriamo l'intima sua struttura.

Noi, o signori, siamo collocati fra due infiniti; uno estremamente grande, cui ci rivela il telescopio, l'altro estremamente piccolo che ci rivela il microscopio: e come non possiamo contare le stelle di una Nebulosa, così non possiamo contare gli atomi di una cellula, nè gli organi di un vibrione.

Si è tentato di calcolare la quantità di atomi d'idrogeno e di ossigeno che sono necessarî per formare un cubetto d'acqua avente $^1/_{1000}$ di pollice di lato, e si sono trovati 3 mila e 900 bilioni (3.900.000.000.000.000) (1). Questo numero, anche dopo una revisione del calcolo fatta dallo stesso microscopista Sorby, è ritenuto da lui come approssimativamente esatto (2).

Ma l'acqua è una delle sostanze meno complicate. Per l'albumina si trova che il diametro dell'ultima molecola di albume secco è in volume 3,83 quello del'acqua; e che un cubetto di $^1/_{1000}$ di pollice conterrebbe 71 bilione di queste molecole composte (71.000.000.000.000).

Ora che cosa sono in faccia a queste dimensioni le distanze delle più serrate linee di Nobert, colle quali provochiamo la forza dei nostri più potenti microscopî? Le onde stesse della luce sono oramai troppo grossolane per poterci far rilevare tali distanze.

Di qui tiriamo, o signori, una utile conclusione, a stimmatizzare quegli impudenti ed ignoranti naturalisti, i quali per sostenere la loro tesi sopra la trasformazione delle specie, allegano che le cellule primitive, dalle quali sviluppansi i viventi, sono tutte eguali, fondandosi sul fatto che i loro strumenti nulla rilevano di differenza! Insensati, non capiscono che quelle due cellule germinali, che producono l'una, per esempio, l'uccello, l'altra il pesce, possono e devono nel loro interno esser tanto diverse quanto sono i due animali completi e sviluppati; e che noi anche coi più potenti strumenti li vedremo sempre come punti, come un punto mobile appariscono un elefante ed un cavallo indiscernibili tra di loro, a chi dalla pianura li guarda sulla vetta di una lontanissima montagna.

Ma che non può suggerire di assurdi il fanatismo della empietà?... Eppure questi tali sono gli oracoli delle nostre scuole; questi pretendono beffarci e mostrar compassione della nostra ignoranza, perchè non sappiamo sbarazzarci dall'idea di un Ente supremo che tutto fece e tutto

---

(1) *Nature*, vol. XIII, pag. 333. – 24 febbraio 1876.

(2) *Nature*, 16 marzo 1876, pag. 384.

governa!... Si contentino essi di disseccare le monere, di esaminare i vibrioni, e non vengano a sputarci tondo su quello che essi stessi ignorano (1).

Ma ritorniamo alle nostre onde luminose.

Fu già stimato un prodigio dell'acuto intelletto di Fresnel il darne le misure, poichè non eccedono pochi milionesimi di millimetro. Or bene, queste minime estensioni sono quelle che ora si propongono per campioni delle nostre comuni misure fondamentali, perchè aventi il gran pregio di essere invariabili quanto la costituzione stessa della materia. Nè vi faccia sorpresa; giacchè se potè stabilirsi per unità di misura il metro, che in rapporto col suo prototipo, il quadrante cioè del meridiano terrestre, sta come 1 a 10 milioni, può ben prendersi a più buona ragione l'onda luminosa, p. es., generata dal sodio che sta al metro come 6 a 10 milioni. Le diatomee, che sovente hanno poco più di diametro delle onde rosse luminose, colla loro complicazione ci mostrano che queste scale di misura non sono assurde, e che esse sono le sole da usarsi nella meccanica moleculare, come la distanza del Sole dalla Terra si usa nella meccanica celeste.

Così voi vedete giustificato il concetto emesso poco fa, che l'uomo è tra due apparenti infiniti, uno che volge al grande, l'altro al piccolo: ma il vero *infinito* è a noi inconcepibile, e di queste stesse dimensioni non possiamo che parlare in cifre, senza realmente farcene una rappresentazione qualunque, neanche ideale.

Se non che la vastità della creazione non istà solo nella dimensione o nel numero delle moli impiegate, ma brilla molto più nella unità e semplicità dei principii che la informano, congiunta colla copia sterminata dei risultati. Semplicità ammirabile, la quale meglio di ogni altra cosa porta l'impronta di quella unità di principio che la trasse dal nulla.

Voi capite, che io qui parlo del principio che regge le molteplici forze, da cui è animata la materia. La trasformazione delle forze fisiche con equivalenti costanti e determinati, fu il gran lavoro della generazione presente, la quale squarciò il velo che fino ad ora avea tenuto nascosto una infinità di relazioni nei fenomeni della natura. Si vedea chiaro che

---

(1) Intollerabile è tra questi l'Haeckel, il quale sul serio porta per prova della identità dei germi, il non comparire essi diversi sotto il suo microscopio! Ma finisse qui l'impertinenza di questo scrittore. Egli osa nella sua opera sopra la Creazione, che dovrebbe essere di sola fisiologia, inveire contro gli augusti abitatori del Vaticano, trattandoli da materialisti e dirli gente sepolta nella materia e nella sozzura di ogni crapula e incontinenza. Questi soli passi mostrano qual è lo scopo di questi libri, che pure si predicano come oracoli, e abbiamo avuto l'onta di vedere queste idee sublimate all'onore delle prolusioni solenni alle aperture delle scuole italiane questo stesso anno! (Un professore in Messina che copia Haeckel senza nominarlo).

un agente non poteva trasformarsi in un altro, se ambedue non erano modificazioni congeneri di uno stesso principio. Il moto meccanico che trasformavasi in calore e luce, e viceversa, ci additava che questo pure era moto. Il calore che trasformavasi in elettricità e magnetismo ci palesava che queste due forze erano pure un moto. I fenomeni chimici che erano sorgenti di calore, di moto, di elettricità, di magnetismo e di luce simultaneamente, ci gridavano ad alta voce che essi non consistevano se non in trasformazioni violente di equilibrii temporanei del principio costitutivo dei corpi, e così essi pure in moto venivano risoluti. Che più? la gravità stessa, questa forza misteriosa che regge l'universo, ci veniva dai fenomeni elettrici e magnetici additata come uno stato di tensione dinamica di un mezzo sparso per tutto, e perciò essa pure dipende dallo stesso principio.

Queste grandi scoperte spaventarono i filosofi delle antiche scuole, che stettero esitanti tra l'accettare o il respingere queste conclusioni. Ma i fondamenti essendo incontrastabili, non solo vennero ammesse, ma, per una specie di esagerata reazione, altri non solo oltrepassarono la meta, ma, quali sfrenati destrieri, si lanciarono nei più orribili precipizii. Essi vollero vedere in questi risultati il trionfo della pura materia sopra lo spirito, credettero trovare nelle pure forze fisiche l'origine della vita, e perfino del pensiero. Si credettero dispensati dallo ammettere una Causa Prima, e confusero il prodotto della macchina colla macchina stessa, e la macchina col macchinista.

Lungi da queste aberrazioni però, la vera scienza si tenne sul retto sentiero con sano giudizio, e pesando le cose al giusto dovere, profittò di queste scoperte per migliorare la fisiologia, separando ciò che è funzione di semplice forza fisica, da ciò che è informato da principio superiore, e non badando a quelli che cercavano il pensiero nel fosforo del cervello o nelle convulsioni delle sue fibre, riconobbe la necessità di ammettere un principio diverso dalle forze della bruta materia per ispiegare le azioni del pensiero, tuttochè la materia gli somministri l'organo e il meccanismo con cui esercitare le sue funzioni sui corpi esterni e materiali fuori di sè.

Una delle cose che in questo turbinio di alienazione mentale scientifica più ci conforta, si è che coloro stessi che spinsero le cose oltre questi debiti limiti, conobbero necessario mutare la definizione della materia, ma con ciò non fecero altro che condannare sè stessi, e fecero come colui che, volendo quadrare il circolo, lo definisse una figura terminata da 4 linee uguali poste ad angoli retti! E qui anche persone (del resto di rettissimo sentire) presero abbaglio, perchè, con-

dannando quelli che per ispiegare i fenomeni partivano da una *materia inerte*, vollero che la materia fosse provvista di attività sue proprie, insite e originali. Non si avvidero essi che sotto il velo di queste forze si asconde un pericolo di rendere gran servizio al materialismo.

Queste forze sono quelle che vagheggiano i citati riformatori per mutare la definizione della materia, e se la materia *qua talis* può agire di sua propria energia in un modo o in un altro, non sarà difficile il dare un altro passo, e farla agire anche producendo la vita ed il pensiero.

Ma le conseguenze legittime delle successive scoperte, che furono tenute come dissolutive dei sani principii, finirono invece con formarne una conferma luminosa. Ne accenno una sola. Da esse risulta infatti la verità più luminosa, che il mondo fu creato in un tempo definito, e perciò non è eterno come pretendono i materialisti. Dalla teoria della trasformazione dell'energia risulta che tutte le energie tendono all'equilibrio senza che si distruggano per ciò: ora tutti i fenomeni della natura sono fondati sulle differenze delle energie: quindi, cessate tali differenze, cessa il mondo. Ma se il mondo fosse dall'infinità de' secoli, sarebbero già equilibrate tutte le energie nei continui scambî; dunque il mondo non sarebbe più. Dunque, se esiste, esiste perchè non è ab eterno che è in moto, ma soltanto da un certo tempo finito.

Le funzioni meccaniche, quali che siano, si compiono necessariamente non solo nelle spazio, ma anche nel tempo; e come nel primo, senza essere infinita, la vastità della creazione ci rende attoniti per la sua grandezza; così fu anche nel secondo, benchè non infinito, e quantunque l'uomo da ieri solo la contempli, essa però mostra anche in ciò l'immensa sua grandezza.

Quelle nebulose che colla loro costituzione si mostrano destinate a formare nuovi corpi, dal momento che cominciarono a studiarsi, ci presentano la più glaciale immobilità, la quale ci può dare una idea della lunghezza di que' secoli che dovette impiegare la materia dei corpi del nostro sistema a concentrarsi in masse compatte per arrivare allo stato presente delle cose.

Ma pure nella profondità de' cieli è vita ed attività incredibile. Lo mostrano quelle orbite delle stelle doppie l'una attorno all'altra, i cui periodi ci sono pure svelati, benchè si contino a secoli. Lo mostrano quelle variazioni di luce delle stelle e l'ecclissi, che talune di esse ci mostrano per opera dei loro satelliti oscuri, come *Algol*. Lo mostrano quegl'incendii sterminati, di cui siamo testimonii nelle stelle temporarie, come in quelle surte all'epoca d'Ipparco in *Cassiopea,* di Keplero nel *Serpentario,* e ai nostri giorni stessi nella *Corona*.

Ora per l'enormi distanze a cui sono questi astri, le notizie di quei fenomeni ci arrivano già in ritardo di anni e secoli, benchè il corriere, la luce, non faccia meno di 300.000 chilometri per secondo. Donde si conclude che se le stelle non fossero state fatte che quando l'uomo fu posto sulla Terra a contemplarle, esso non ne avrebbe da principio veduto nessuna, e ogni dì dovremmo vederne comparire delle nuove, arrivando a noi la loro luce successivamente. Dal che si vede quanta sia la sapienza racchiusa nelle poche righe della cosmogonia mosaica, la quale pone le stelle tanto anteriori all'uomo nel suo misterioso linguaggio delle giornate.

Ma in nessun'altra cosa meglio può vedersi il cronometro della natura che nei fenomeni geologici.

Classificati che furono i terreni e definite le specie animali, che successivamente li popolarono, si vide in tutta pienezza la grandiosità delle successioni. L'enorme spessezza dei depositi paleozoici che supera i 40 mila metri, cioè più che tutti i terreni successivi insieme, messa a confronto delle cause naturali che avrebbero dovuto espanderli sul fondo dei mari, portavano la cifra degli anni a tal quantità che le arene del mare sono scarse a registrarli. Che se a questi soprapponiamo la serie dei terreni posteriori, i secoli si conteranno non a migliaia, ma a milioni. Il solo banco calcareo-argilloso attraversato dal *tunnel* del Moncenisio, ha più di sette chilometri di spessezza, e dando alla sua formazione un millimetro all'anno, cosa ben discreta, considerando la finezza di quegli strati elementari di cui è composto che sembrano rappresentare le vicende di annuali alluvioni, si avrebbero sette milioni di anni.

Però la quistione del tempo è un nonnulla appetto le molte altre che si sollevano in questa difficile ed astrusa materia delle formazioni che precedettero l'uomo.

Così, per esempio, come si potè in una limitata regione accumularsi sì alta massa di detriti di continenti anteriori, senza supporre che enormi profondità non fossero in quei mari, superiori assai a quelle dei presenti, senza ammettere insieme che per non venire rapidamente colmate, non si avesse un continuo lavorìo di movimento nella crosta terrestre, deprimentesi in un punto e sollevantesi in un altro? Risultato della quale operazione fu la formazione successiva di continenti ov'era mare, e di mare dov'erano continenti. Il gran problema geologico della formazione delle montagne piene di avanzi marini, presentatosi a Leonardo da Vinci la prima volta, non può avere altra soluzione; *o il*

mare fu lassù, o quei monti furono laggiù (1). La scienza dimostra che questa ultima era la vera. Questo gran passo spaventò il pensiero non meno che l'altro delle distanze stellari, e si cercò di evitare il dilemma, ma bisognò riceverlo. E finisse pur qui!

Ma quante volte si ebbero tali alternative ed oscillazioni? Nuova sorpresa. La natura c'insegna che differentissime sono le rocce sovrapposte, e che esse dovettero essere sovente alternate da periodi di emersioni ed immersioni, e che in esse le terre sostennero successivamente ora piante ed animali quadrupedi, ora acque e produzioni marine. Ci mostra che ai fossili marini succedono i terrestri: ai pelagici di mari profondi succedono i littoranei di acque basse, e fino i costieri: e ciò molte e molte volte. L'orizzonte del pensiero si allarga, e la mente che prima rifiutava di ammettere un solo periodo, ne ammette ora senza difficoltà le centinaia.

Ora, qual lavoro suppone una di queste formazioni? Voi sapete, o signori (2), che dall'epoche in cui fu separata l'arida dalle acque, queste diventarono le demolitrici dei continenti, sia colle loro corrosioni laterali all'orlo dei mari, sia coll'azione meteorica delle piogge, dei ghiacci, dei torrenti, dei ghiacciai alpini. Il continente cominciò ad esser lavorato dalle acque, profondamente da esse scavato e solcato, ed il prodotto di questo lavorio sotto forma di melme consolidate in schisti, di sabbie cementate in arenarie, costituirono i fondi degli antichi mari, i quali, sollevati, formarono le creste delle nostre montagne.

E quali furono i primi continenti? possiamo noi indicarli? Non fu già un'epoca in cui i graniti si credettero rappresentare la prima scorza consolidata del globo? ma questa opinione è ora messa tra le storiche, o come suol dirsi in questa materia, ancor essa passò tra le fossili. Il granito non è ora riguardato che come una roccia di sedimento, trasformata dall'azione del fuoco coll'intermedio dell'acqua sotto forti pressioni.

Così fecero finalmente pace Nettunisti e Vulcanisti. — Quei graniti che coronano oggi le cime del monte Rosa e del monte Bianco furono adunque anch'essi fondi di mare: si prepararono colaggiù nelle più profonde regioni degli abissi, e compressi dalle moli superiori discesero in vicinanza delle regioni del calore centrale, il quale mediante l'acqua interclusa sotto quelle enormi pressioni le trasformò in struttura cristallina, perdendo ogni vestigio di stratificazione; e per una nuova spinta

(1) Vedi *Fisica Terrestre*, Lez. VII, pag. 83.
(2) Vedi *Fisica Terrestre*, Lez. II,

dal basso in alto sorsero a quelle enormi altezze, levandosi in collo tutti gli strati superiori. Se questi ora scomparvero, si è perchè dall'erosione meteorica vennero trasportati di nuovo in fondo al mare, e i graniti stessi oggidì limati e rosi dai ghiacciai ritornano per i fiumi e torrenti alla pianura, e quindi al mare sotto forma di ciottoli, di sabbie, e di finissime melme, preparando altri strati che alla lor volta saranno sprofondati per esser poi risollevati. Per tal meccanismo si forma una vera *circolazione di rocce*, come la chiamò il celebre Stoppani: circolazione in cui un semplice giro costituisce una di quelle imagini con cui cercasi di rappresentare alla fantasia l'eternità: i cui periodi sono in proporzione della spessezza del velo di belletta che ogni anno trasporta il ghiacciaio dalla gigantesca altezza del monte, destinato a sparire dalla superficie della Terra!

Quando Lyell per la prima volta pronunziò che a spiegare i fenomeni geologici non occorrevano crisi straordinarie, ma bastavano le forze attualmente operanti nella natura, fu dappertutto un grido di sorpresa e di incredulità; ma poco a poco riflettendo con calma su queste cause, si vide che, tranne pochi casi, il tutto poteva così realmente spiegarsi, purchè un tempo sufficiente fosse a disposizione del geologo: talchè è ormai ammesso da tutti, che con queste azioni lentissime ed in apparenza insignificanti delle vicende meteoriche, le montagne tutte sparirebbero dalla superficie del globo, qualora non vi fosse un compenso delle forze centrali che altre ne sollevassero (1).

Viceversa, dalla spessezza di quei depositi sollevati possiamo arguire l'immensa serie di secoli che fu necessaria alla loro formazione, ma qual fosse la prima formazione il geologo non la può assegnare punto più che l'astronomo possa indicare qual fosse il primo giro della Terra attorno al Sole. E notate bene che non è punto mestieri di credere che ove trovasi un terreno geologico di una data epoca, ivi sieno esistiti sopra esso tutti gli altri posteriori a lui in formazione secondo l'ordine che la scienza ha fissato e che vedonsi diffusi nel resto del globo. Le scoperte fatte cogli scandagli a grandi profondità ci insegnano che gl'imi fondi dei mari attuali non differiscono tanto, quanto si credea dianzi, da quegli antichi che, sollevati, costituiscono adesso i nostri

(1) Ma mentre la geologia ci dà antichità si vaste per le specie di animali bruti, per l'uomo che ci dice? Essa ci prova che egli fu l'ultimo degli esseri che comparvero sulla faccia della terra. Noi non troviamo i suoi avanzi, o quelli della sua industria, se non nella ultima superficie, detta quaternaria, o se li troviamo più bassi, è in terreni di origine problematica, mobile e mal sicura. Li troviamo nei depositi dei fiumi attuali, siano pure antichi quanto si voglia, ma sempre spettanti all'ultima configurazione della superficie del suolo.

monti; onde non è mestieri che essi fossero in condizioni molto diverse dalle presenti, nè che sopra di essi venisse accumulata la serie delle altre formazioni, ma potevano emergere dalle onde direttamente. Certe specie di crinoidi ed echinidi, che credevansi perdute, si sono trovate prosperare all'enormi profondità di cinque e sei mila metri, e vivere sotto le enormi pressioni di cinquecento e seicento atmosfere a temperature assai basse. Colà si sono rinvenuti viventi quei delicatissimi organismi di foraminiferi, di batibii, di globigerine, che si credevano proprie solo dei mari primitivi: anche oggidì venendo sciolta dall'acqua marina la loro frale corteccia calcarea, non rimane del loro organismo nessuna forma definita, ma soltanto scarsi avanzi di silice ed ossido di ferro, che formano oggidì pure i fanghi e le argille, simili a quelli degli antichi terreni cambriani e siluriani.

Questo prova che in epoche diversissime si possono avere identici prodotti animali e geologici, e per converso si rileva pure che troppo dai geologi si è abusato del principio di attribuire una contemporaneità simultanea a depositi di natura identica sia litologica, sia zoologica. E contro ciò protesta lo stato presente delle cose, il quale ci mostra che contemporaneamente si fanno depositi di esseri e di terreni differentissimi nelle diverse regioni del globo, e ora trovansi fossili nelle nostre coste, animali viventi ancora nei mari glaciali.

Se non che la varietà delle faune nei depositi recenti contrastava troppo colla uniformità delle faune antiche: onde quei geologi erano condotti a credere in quelle epoche, condizioni notabilmente diverse dalle presenti. Ma anche intorno a ciò gli studii recenti li hanno disingannati; poichè questi hanno dimostrato una uniformità singolare di essere dall'uno all'altro polo, sì come uniforme o pochissimo diversa si è mostrata la temperatura in quegli abissi. Talchè sembra potersi dedurre da ciò che le antichissime faune marine erano così uniformi, solo perchè colla profondità, in cui vivevano, eravi come adesso una uniforme temperatura.

Ma una più grave questione è suscitata da questi depositi, avanzi di sì lunga serie di secoli. La geologia ci mostra un cambiamento continuo negli esseri che popolarono già questo globo, i quali scomparvero successivamente per non più ritornare. Ora si domanda: — Furono questi esseri, trasformazioni successive di uno o di pochi organismi imperfetti, o furono tante creazioni novelle e distinte di esseri completi e perfetti? Si è preteso che gli strati antichi rappresentassero i primi viventi più imperfetti, e che così da monere e protisti si passasse ai polipi, agli acalefi, ai testacei, per venire ai crostacei e ai vertebrati, e toccando il sommo negli antropomorfi, andasse tutto a coronarsi nell'uomo.

Ora questa idea di successione omai non si può più sostenere, perchè vediamo contemporanei a noi ancora sussistenti questi pretesi primi rudimenti della vita, i quali non disparvero punto, e potevano benissimo anche nell'origine delle cose esser contemporanei agli esseri più perfetti. Ond'è che il problema deve porsi sotto un nuovo aspetto. Fu la creazione con tutta la sua varietà formata contemporaneamente, o le apparenti successioni sono esse semplici accantonamenti regionali, che si vennero ora estinguendo, ora trasportando da una sede all'altra, simulando una successione di colonizzazioni dei mari e terreni successivi?

Questa seconda ipotesi non è dispiaciuta a certuni, e può spiegare i fatti come l'altra. Ma la decisione della scelta dipenderà dall'esame dei fatti.

L'idea delle successive trasformazioni presa con debita prudenza e moderazione non è punto inconciliabile colla ragione, nè colla religione. Infatti, ove non si voglia tutto eseguito per pure forze innate e proprie della materia bruta, ma si ammetta che queste forze non d'altronde derivassero che dalla Cagione prima che creò la materia, e ad essa diede la potenza di produrre certi effetti, non vi è nessuna intrinseca repugnanza per credere che, fino a tanto che non interviene nessuna forza nuova, possano svilupparsi certi organismi in un modo piuttosto che in un altro, e dar origine così a differenti esseri. Ma quando da una serie di questi esseri si passa ad un'altra che contiene un nuovo principio, la cosa muta aspetto. Dal vegetale senza sensibilità non potrà passarsi all'animale che ha sensazioni, senza un nuovo potere che non può venire dalla sola organizzazione, nè dalla sola materia. E molto più dovrà dirsi ciò quando si passa dal bruto animale all'uomo che ragiona, riflette ed ha coscienza. Un nuovo principio deve associarsi allora alle forze fisiche della materia per avere questi risultati. Con tai limiti può trattarsi, teoricamente parlando, coi trasformisti.

Ma dalla suddetta questione teorica venendo alla pratica, la cosa è assai diversa. Si cerca se questa graduata trasformazione abbia di fatto avuto luogo, se realmente la storia del creato suffraghi a questo concetto, se i brandelli di questa storia che troviamo nelle pagine geologiche la confermino?

Ora per confessione dei più ardenti trasformisti è dimostrato che la geologia non suffraga punto a tal maniera di vedere. La fantasia sorride a quella graduata trasformazione di esseri e si diletta nei confronti della infinita varietà e capricci che vi ammiriamo, ed esilara lo spirito non meno del famoso caldarone degli avanzi dell'anima del mondo, che per divertire i suoi ammiratori ci descrive Platone nel suo *Timeo*: però la realtà delle cose non corrisponde a questo concetto.

La geologia ci mostra che questa pretesa serie graduata non è conservata ne' suoi archivî. Dalla fauna degli invertebrati si passa di un salto a quella dei vertebrati già perfezionati, i pesci: da quella dei crostacei e dei pesci si salta a quella dei mammiferi, e se pure una certa gradazione si trova nella fauna fossile, essa non si trova succedersi regolarmente in una sola regione, ma sta diffusa su mille luoghi, e per stabilire una catena qualunque, è mestieri raccogliere da mille parti le membra di questo lacero corpo.

Se pure adunque questa fauna fu realmente successiva, nulla indica una trasformazione dell'uno nell'altro de' suoi viventi.

In due altri modi si può spiegare questa successione, o con una creazione assoluta, o con una colonizzazione novella per individui derivati da regioni limitrofe. Così, per esempio, quando il mare da pelagico, nelle cui enormi profondità era impossibile la vita dei vertebrati perfetti, pel sollevamento del fondo divenne di mediocre profondità, gli abitanti delle regioni limitrofe poterono entro di esso diffondersi e prosperare: e quando venne ancora ad elevarsi di vantaggio, potè essere invaso dalle faune litorali, e anche miste dei batrachiani ed acquatici, terrestri o anfibii, ed infine di mammiferi.

Perchè dovremmo adunque noi ricorrere alla trasformazione delle specie, mentre nulla nei fatti attuali ci prova tale metamorfosi?

Nè vale il dire che, ammessa una creazione unica da principio, non si spiegherebbero più le comparse e scomparse di certe classi caratteristiche, come sono, p. es., i sauriani nell'epoca triassica e liassica; perchè nulla ci prova che quei mostri non popolassero prima quei terreni distretti ora nascosti nel profondo dei mari, o sepolti sotto inesplorati continenti, e la loro disparizione nei mari attuali non sarebbe che uno di quei tanti fatti di cui fino la storia ci mostra l'evento, cioè la disparizione delle specie, mentre essa non ci mostra l'apparizione di nessuna.

E qui notate bene, o signori, che io non voglio farmi capo di una scuola, nè rinnegare le opinioni ricevute dai geologi, ma dico solo che essendovi tanti altri modi da spiegare la diversità delle specie che popolarono il globo altre volte, non è punto mestieri di ricorrere alla trasformazione delle specie; e ciò mi basta.

Così aggiungo ancora, che almeno per molti casi la spiegazione desunta da una sola creazione primitiva che successivamente colonizzasse varie regioni del globo, è la più semplice spiegazione che possa ammettersi senza ricorrere a teorie che nè l'osservazione ci prova, nè la teoria giustifica. È troppo poca la regione esplorata del globo sotto

questo rispetto, anche sui continenti, e dove inoltre 3/4 di esso sono coperti dalle acque, talchè non ne sappiamo nulla, e là, forse, giace nascosta la vera spiegazione delle cose.

Non ignoro che questo è un argomento a doppio taglio, e che s'impugna dagli avversarii per aspettare di colà gli anelli famosi che mancano ancora alla loro catena; ma mentre essi ne aspettano delle verifiche tutte ipotetiche, io non ne aspetto che l'estensione di quei fatti stessi che vediamo tutto dì; perchè anche ora cambiano gli abitatori di una regione pel solo cambiare delle circostanze locali, e ai pesci succedono i mammiferi, e ai mammiferi i pesci senza nuove creazioni, nè trasformazioni di specie; e pel solo avvicendarsi delle forme variano le colonizzazioni e gli abitatori.

Dico che l'ipotesi delle trasformazioni in vero senso è insostenibile in teoria rigorosa. Perchè qui non si tratta di quelle leggeri mutazioni che possono dar luogo a specie affini, dove male distingui la varietà dalla specie, ma si tratta di quelle che sono incompatibili tra di loro, come di un mammifero farne un pesce e viceversa. Come avvenne che le cause pretese agirono su di un protista sì, e nell'altro no? Come avvenne che nella stessa regione un animale ritenne le squamme, un altro mise le penne? Come uno divenne erbivoro, l'altro carnivoro? In qual'epoca quell'animale ebbe uno stomaco che poteva digerire le due cose insieme, ed avea simultaneamente uno stomaco e quattro stomachi? Quando ebbe esso natatoie e mani ad un tempo, o nè l'une nè l'altre? A tali questioni nessuna *seria* risposta io conosco. Dico *seria*, perchè non è tale lo scherzo messo fuori da taluno che il solo desiderio di avere un organo bastasse perchè quello si producesse, giacchè bisogna credere che quell'animale conoscesse le beatitudini del nuovo organo futuro per desiderarlo: il che qual uomo di senno può mai asserire di proposito? Facoltà preziosa davvero sarebbe stata cotesta, e fu gran danno il perderla, poichè molti dei nostri simili ne avrebbero ben profittato: e perchè non tutti? Ma lasciamo le baie.

Un grave difetto è nei ragionamenti di tutti costoro: essi parlano continuamente di animali imperfetti che vogliono diventare perfetti. Ma qual'è l'idea della perfezione in questa materia? Secondo i savii è perfetto quell'animale che ha tutti i mezzi necessarii alla sua sussistenza e riproduzione; cioè alla vita dell'individuo e della specie. Ora tanto i moneri quanto i batibii, tanto i molluschi quanto i vermi, come pure così i radiati come i vertebrati sono sotto questo aspetto completamente perfetti. Che dunque cercano di più? — È vero che si suol dire che nello sviluppo delle famiglie diverse di esseri si vede un progresso che

ha una grande somiglianza cogli stadii percorsi dal feto degli animali più perfetti, donde può argomentarsi che questi meno perfetti non fossero che tanti feti incompleti o arrestati nel loro corso. Errore ed assurdo! perchè, anche concessa questa somiglianza (cosa non tanto del resto provata quanto si pretende) tra i periodi del feto non sviluppato e di questi esseri, vi è la grande differenza che il feto incoato non può vivere nè riprodursi se non si completa; e l'esperienza quotidiana smentisce che un feto incompleto possa dare origine a qualunque creatura vitale, mentre questi si propagano, si moltiplicano e nulla loro manca di perfezione assoluta.

Che se trattasi di perfezione relativa, in quanto cioè noi diciamo più perfetto quell'essere che può esser messo in contatto con più agenti esteriori, e gioire di maggiori comunicazioni colla natura esterna, in questa è verissimo darsi molti gradi, poichè certamente il mammifero ha ben più ampie relazioni all'esterno che il polipo; ma il fissare questi gradi di relazione non è in potestà dell'animale, nè può esso arrestare il suo sviluppo in modo qualunque. Gli agenti esterni, e il mezzo in cui vive possono molto, ma solo entro certi limiti; se questi eccedono un cotanto, l'animale non si flette, la specie perisce negl'individui che non reggono al cambiamento.

Che una seriata coordinazione di creature sussista con una graduata classificazione e perfezione, non si nega; anzi questa prova l'infinita sapienza di chi la produsse, e la coordinò alle circostanze della loro vita, ed essa nella varietà delle forme, e fino nella bizzarria degli ornati ci mostra una sapienza infinita. — Il supporre che tutto sia effetto di forze cieche, di combinazioni accidentali di materia bruta, che restino poi per caso così permanenti, come per caso si formarono, è stata dai savî sempre riguardata come una stoltezza, anzichè una filosofia degna di uomo ragionevole.

So che costoro per atteggiarsi a pensatori sublimi ci accusano di imbecillità, e ci dicono antropomorfisti, come se fossimo così imbecilli da credere il Creatore quel vecchio dalla barba bianca e dallo svolazzo, dipinto da Raffaello nelle sue Logge: queste sono baie o piuttosto scherni di gente che vuol coprire la propria ignoranza con frasi altisonanti. La mente è quella che veramente crea e concepisce, e se questo attributo è nell'uomo in qualunque modo, per partecipazione, non è render Dio pari a noi stessi l'attribuirgli eminentemente questo attributo, non è limitarlo ad una particolare esistenza il concepire che esso vede tutto, conosce tutto, spirito purissimo sostiene tutto, che in esso noi viviamo, ci moviamo ed esistiamo, e che siamo sua fattura. Se la povertà delle

nostre menti e più del nostro linguaggio ci sforza a usar per lui termini meno esatti, non è per ciò che noi non ne conosciamo il difetto. Noi non lo facciamo uomo, e quel tipo scelto dall'arte è il solo che può come simbolo usarsi senza pretendere che esprima la realtà. Essi ancora rimproverano ai cristiani di ammettere un *Dio personale;* ma in ciò mostrano la loro ignoranza. Essi prendono questa parola nel senso in cui si dice dell'uomo, e non sanno che nell'augusto mistero in cui l'adopra il Cristianesimo, a tutt'altro si addice; essi confondono ciò che è particolare alle tre divine sussistenze con ciò che è loro comune, l'*ousia* coll'*ipostasi*; sarebbe desiderabile che, volendo decidere e bestemmiare, cercassero almeno di capire le parole che prendono a straziare colla lor bocca (1). Si deride nella Genesi la figura di un Dio che lavora, che si riposa, che passeggia nel giardino! Insensati! non capiscono che quelle frasi non sono che il venerato vestigio di un linguaggio figurato che esponeva a gente rozza le più auguste verità e l'origine delle cose, ove un linguaggio più sublime sarebbe stato incompreso; e dimenticano che quando si trattò di esporre l'idea della Divinità a persona che era sperta di tutte le finezze della coltura egiziana, si usò la più sublime frase che finora abbia formulata l'espressione del pensiero — *Io sono chi sono — Chi è, mi manda a voi.* — Ecco, signori, a che si riducono le derisioni moderne di un Haeckel, di un Büchner, di un Boys-Reymond, di un Virchow e tanti altri.

Se non che, voi direte che io sono fuori di strada: è vero, non è del nostro soggetto il diffondersi in ciò, ma nemmeno per essi è il luogo di venire a seminare ad ogni piè sospinto, *opportune, importune* le derisioni e le beffe sulle più auguste nostre credenze, illudendo ai gonzi, abbagliati dalle anatomie di una monera o di un batibio. Si divertano a disseccare i loro polipi, i loro vibrioni, e non entrino a bestemmiare ciò che non capiscono, mettendo l'ardita bocca in cielo.

Noi li lasceremmo in pace, se questi spropositi li tenessero nei loro cervelli, ove son *liberi di pensare,* ciò che vogliono, ma qui non si fermano. Così n'empiono i libri d'istruzione popolare e della gioventù: li danno come frutto di gran progresso; e i nostri Italiani lasciate le grandi tradizioni dei Vallisnieri, dei Redi, degli Spallanzani, e di tanti altri, avviliti fan di cappello ai loro spropositi, e si pregiano di spropositare più di loro! Oh onta del nostro secolo!!

---

(1) Pel Dio personale si consulti S. Tommaso, p. I, Quest. XXIX, art. III in corp., ove dice: *Persona significat id quod est perfectissimum in tota natura, scilicet subsistens in rationali natura... Conveniens est ut hoc nomen* persona *de Deo dicatur, non tamen eodem modo quo dicitur de creaturis, sed excellentiori modo*: Vedi anche ad 2^{m} altre cose importanti:

Ma raccogliamo le vele.

Noi nello spazio non vediamo limite nè nel grande nè nel minuto. Nel tempo non vediamo orma del principio delle cose, nè sappiamo quale e quando sarà la lor fine: le speculazioni del lontano e del piccolo; del passato e dell'avvenire superano il nostro intelletto. Le origini delle cose come la scienza le addita restano un mistero, un mistero il loro sviluppo, la loro fine. Per intenderci chiamiamo queste cause per convenzione *Forze:* queste qualunque sieno ebbero un principio: da sè nol potevano avere, l'ebbero d'altronde; l'ebbero dal solo *Ente* che solo *È* di sua propria vitalità e necessità. Nè dopo il loro sviluppo Esso le abbandonò a loro stesse, senza pensarvi più. Esso le sostiene colla sua potenza e le conserva con una continuata creazione. Le forze nostre non arriveranno mai a comprender nulla fuori di questo principio, e la nostra scienza è incapace fuori di Esso a scoprirci l'origine delle cose e le loro fini. È duopo in questa catena ricorrere a quel primo anello che è attaccato al trono di Dio.

DISCORSO SECONDO

La grandezza del Creato nelle combinazioni costitutive dell'Universo.

Nella lettura dell'anno scorso vi svolsi la grandezza del creato per ciò che spetta l'ampiezza dello spazio, e la lunghezza della sua durata nel tempo, quale per l'uno ce l'insegna l'astronomia e per l'altro la geologia. Da questi due elementi, spazio e tempo, come da due fattori, ne emerge una terza immensità d'ordine ancor più elevato, che chiamar potrebbesi immensità di *combinazione*. Se i due fattori considerati a parte ci sorpresero per la loro vastità non concepibile alla debole nostra mente, il loro prodotto ci sorprenderà molto più, perchè in esso vedremo recondito un principio superiore, che è la combinazione non *accidentale*, ma *diretta ad un fine*. La combinazione accidentale è la teoria di Epicuro, che, da gran tempo meritamente negletta, ora cercasi di riabilitare (e che cosa non si riabilita ai tempi nostri?), cioè la teoria del caso: ma questa non è la combinazione della natura. Invece questa sempre ci mostra la tendenza ad un fine; il che rivela l'intelligenza, la sapienza, l'operazione dello spirito che governa la pura materia e la dirige. Essa è che ci presenta la parte più nobile della creazione, quanto è più sublime una fabbrica costruita che non un semplice cumulo di pietre, quanto una macchina supera un massello di metallo.

La parte relativa alle combinazioni contiene due rami, che nel linguaggio volgare della scienza costituiscono il 1° la chimica inorganica, il 2° la costituzione degli esseri organizzati; la 2ª è la più importante.

Ogni corpo materiale che noi vediamo è un aggregato chimico: la sua composizione e struttura suppone un complesso di cause che lo tengono unito, che noi chiamiamo forze: la scienza fa sforzi erculei per entrare a riconoscere i principii da cui dipende la sua struttura; ma *vincit adhuc natura latendi*. Fu un passo immenso quello che fu fatto nello scorso secolo dai grandi lavoratori nella chimica, il definire cioè: *che le quantità di materia elementare, che entravano a comporre i corpi, erano definite nelle loro proporzioni*, e tutta l'infinità dei corpi poteva risolversi in un piccolo numero di sostanze non

ancor dissociabili ai nostri mezzi, dette perciò elementi. Lungo e paziente lavoro ci volle per fissare questo gran vero!

Ma la scienza ben presto si accorse che *la proporzione delle masse* non era tutto. Si rilevarono rapporti interessantissimi fra la quantità delle masse e le quantità di calore specifico delle sostanze, che costituivano i composti, come pure fra gli aumenti relativi del volume e della tensione calorifica colle quantità adoperate del calore. Ma questi fenomeni erano ancora slegati, perchè non si conosceva l'indole e la natura del calorico. Questo, creduto fino a non molto una sostanza, si riconobbe ai giorni nostri non essere che il movimento oscillatorio delle masse molecolari. Con questa grande scoperta il mondo visibile fu trasformato da un aggregato di masse inerti e quiete in un complesso di masse in continuo movimento, e all'*equilibrio statico* successe un *equilibrio dinamico*. Quindi fu cambiato il modo di rappresentazione del mondo che ci contorna. Sono più di 20 anni che io vi esposi questo gran passo della scienza, e fui creduto visionario da taluni: ma questi passarono, e il gran vero è ora ammesso da tutti.

Con questa grande trasformazione d'idee divenivano più facili a intendersi fenomeni d'altro genere. I calori specifici e di dilatazione come rappresentanti la forza viva delle molecole vibranti non erano più indipendenti dai volumi, perchè questi rappresentavano gli spazî in cui movevansi le molecole nelle loro oscillazioni, e così si capirono le molte relazioni fra questi elementi, fino ad ora oscure. Nello stesso tempo una serie di fatti conosciuta sotto il nome di *Elettrico,* e affine a quelli del calore, studiata intimamente nella sua origine e nel suo svolgimento ci convinse, che la materia pesabile alle nostre bilance non era neppur essa il tutto nel mondo fisico: che eravi un'altra sostanza che l'accompagnava, e alla quale doveansi fenomeni di ordine affatto diverso da quello che presenta la materia ponderabile. Le relazioni precise e definite che esistono tra le forze magnetiche della corrente elettrica e le quantità delle operazioni chimiche eseguite con leggi determinate; e le numerose relazioni scoperte fra queste ed il calore messo in movimento fecero vedere la dipendenza meccanica dei due movimenti. I molteplici fatti scoperti nell'atto delle interruzioni delle correnti elettriche, sia nelle correnti indotte, sia nelle continue della pila, ci condussero alla conclusione che quello che si denominava elettrico non era che il movimento di quella stessa sostanza insensibile alle nostre bilance che serviva alla propagazione della luce: che la luce era una modificazione dello stesso mezzo *vibrante,* come l'elettrico era questo stesso fluido imponderabile *scorrente:* che la luce era un moto

nella sua origine comparabile a quello del magnetismo, e benchè tali moti non siano in tutto identici, e non bene ancora si comprendano le affezioni fisiche delle loro particolarità, pure si arrivò alla grande conclusione, che elettricità, magnetismo e luce non erano che modificazioni diverse, e specie diverse di movimento di uno stesso principio associato alla materia pesante. L'espressione di Maxwell, che stabilisce una *teoria magnetica della luce,* sarà forse un po' dura, ma in fondo è l'espressione di un gran fatto, che non si è ancora arrivato a ben rappresentarcisi ne' suoi particolari; ma non perciò esso è men vero.

Nell'elettricità e nel magnetismo noi abbiamo esempi assoggettabili alla nostra sperienza di quelle grandi operazioni di natura, che noi chiamiamo forze attrattive e repulsive, e che reggono la struttura dell'universo e il giro dei corpi celesti. Azioni o forze che non sono più da considerarsi come entità astratte, ma come effetti di un semplice squilibrio statico o dinamico di quel mezzo universale che pervade la materia tutta e lo spazio cosmico, e che può essere *coercito* o disequilibrato, e dal cui squilibrio generansi queste forze misteriose di attrazione e repulsione.

Da tale progresso nella costituzione della materia risultò: che le reazioni tra corpo e corpo non si eserciterebbero più nel *gran vano assoluto,* come si credette altra volta, e si tiene ancora dal volgo, che crede non esistente ciò che non colpisce il senso della sua vista o del suo tatto, ma si eserciterebbero per l'intermedio di un fluido non soggetto a gravità, forse perchè esso stesso è la causa della stessa gravità. Talchè queste reazioni diventano un problema di pura meccanica dei fluidi: problema però che ne' suoi particolari per la soluzione supera le forze della nostra analisi, benchè sia compreso nella meccanica teorico-fondamentale. Addentrandoci così nell'interno della costituzione dei corpi noi ci perdiamo quella chiarezza e semplicità di soluzione, che avevamo troppo leggermente immaginato e sperato dalla soluzione di altri problemi. Se dietro le leggi della meccanica abbiamo potuto racchiudere in una sola formola tutti i movimenti dei corpi celesti, il moto moleculare sfugge finora la nostra presa, e bisogna confessare la nostra presente incapacità di ridurlo a leggi definite.

Ma ciò non ci deve sconfortare. Le forme teoriche comprensive del gran problema celeste date da Newton dovettero essere precedute dai tentativi empirici e disordinati di Keplero: così sarà mestieri di premettere alla gran soluzione razionale dei problemi moleculari teorici le leggi empiriche da scoprirsi con lunghe e pazienti investigazioni.

Già una qualche luce ci rischiara la via. Se Lavoisier co' suoi con-

temporanei fissò le leggi delle masse nelle combinazioni, ora già si intravedono le leggi delle velocità, cioè delle forze vive. I risultamenti preziosi del Favre, del Berthelot e di tanti altri sopra la *quantità di calore* svolto o assorbito, che accompagna ogni chimica combinazione è già un preparativo alla soluzione del gran problema. Finora non si teneva conto del *volume elementare* delle molecole, ma anche di questo comincia a rilevarsi l'importanza; e quando saranno ben conosciute le leggi che legano lo spazio, le masse e il tempo nella meccanica molecolare, essa sarà suscettiva di essere rappresentata dalla geometria, come la meccanica celeste.

Allora la scienza adulta avrà completamente dimostrata la falsità della scienza bambina di Epicuro, della casuale combinazione degli atomi, e farà rilevare che dalle immense masse dello spazio stellare alle minime particelle dei corpi tutto è regolato da leggi definite di proporzioni determinate geometricamente *in pondere, numero et mensura,* e che *caso* non esiste, ma solo una *mente* regolatrice, che tutto stabilì, previde e regolò.

Il mondo inorganico ci comparisce così sotto una forma ben più complessa di quello che si credeva dagli antichi, anzi che non credevano gli stessi moderni. Sparisce il vuoto assoluto, si dimostra l'esistenza di un mezzo, che malgrado che modifichi tutti i nostri sensi, e perfino entri nella loro operazione e costituzione, noi non credevamo che esistesse. Il corpo elementare medesimo diviene un complesso esso pure composto di altri elementi, della cui natura e struttura non possiamo farci un'idea. Così, mentre credevamo essere arrivati a scoprire il fine, ci troviamo ancora al principio, e l'esperienza più s'immerge in queste ricerche, e sempre più trova l'abisso maggiormente profondo. Così ci disinganna quanto sia vano il voler concepire la struttura del mondo *a priori,* e mette in chiaro la vanità dell'opera di chiunque credesse poter spiegar tutto col rimettere in voga due termini usati in antico: non si avvedendo che la difficoltà appunto sta nel determinare che cosa sia quella *materia,* e in che consista quella *forma,* di cui ci parlano. Per questa parola intendevano in realtà gli antichi tutto ciò che noi intendiamo sotto il nome di forze, le quali possono essere o capaci di sussistere per se stesse, o accidentali e variabili. La questione appunto sta in determinare la natura di queste, e distinguere fra esse le loro nature; cosa da cui erano lontani essi non meno che noi.

Intanto però le leggi della composizione dei corpi inorganici ci hanno mostrato due cose fondamentali: 1° che oltre la materia detta pesante deve tenersi conto di un'altra che sfugge direttamente ai nostri sensi,

cioè l'imponderabile; 2° che le combinazioni dell'una e dell'altra facendosi con leggi definite, tanto nella massa come nella forza viva, non possono essere opera del caso, ma di un principio dirigente. Che se si replicasse, come han fatto alcuni, che esse sono bensì opera del caso, ma che molte di queste essendo instabili di lor natura, non possono continuar a sussistere, e perciò periscono, mentre quelle che restano appunto restano perchè sono di lor natura stabili, allora richiederemo, come fu fissata la legge di queste stabilità, da chi e quando; onde ritorneremo da capo!

Ma la parte più importante e ammirabile di queste combinazioni costitutive dell'universo è la parte organica, la quale è superedificata alle combinazioni inorganiche. Chi può non ammirare l'immensa serie di viventi in ambo i regni vegetale ed animale? quella mirabile varietà di piante, che le une messe in contatto colle affini costituiscono quella grande rete di esseri, che di tanta varietà veste la creazione? Non senza ragione dissi *rete;* perchè le loro varietà partite da un punto si ramificano in modo che non sembrano allontanarsene indefinitamente, in una specie di serie lineare, ma invece qua e là ramificandosi vengono a toccarsi e ricongiungersi di nuovo, come le maglie di una vera rete. Noi vediamo le piante monocotiledoni e le dicotiledoni separate in gruppi, ma che si rannodano ove meno si aspetta. I funghi, le mucedinee, le acotiledoni, quanti punti di contatto non hanno esse in genere! E nel regno animale quanta varietà nella sua unità! Quel che più sorprende si è il vedere che questa varietà sorge non da altro che da piccolissime modificazioni nelle parti secondarie di alcuni tipi fondamentali. Il castello o l'armatura dei vertebrati, che pure sono tanto numerosi e varii, non sono derivati che da piccole modificazioni di uno stesso tipo, e le estremità ora destinate al passo, ora all'arrampicamento, ora al volo, ora al nuoto, son formate colle stesse parti elementari: quindi un'infinità negli organi motori di questi esseri, e accade perfino anche quando sono esse atrofiate e scomparse, pure l'animale non è privo di facoltà locomotrice, come nei serpi. Anzi, da piccole modificazioni di queste stesse estremità sorge quell'organo operatore di tante maraviglie, che è la mano dell'uomo, che tanto faceva stupire l'Arpinate nelle sue filosofiche meditazioni. E nelle classi degli articolati quanta varietà, anzi, maggiore che nei precedenti, con piccolissime variazioni di tipo! Ma egli è negli abissi degli oceani, dove appena si crederebbe possibile la vita da chi non gli avesse veduti, che si trovano le forme più svariate, le generazioni più fantastiche, i colori più vivi, negli anelidi e nei radiati, in quei viventi che cuo-

prono i polipai, e si prenderebbero per fiori di un campo smaltato, e in altri esseri che ordinati in lunghe misteriose catene si crederebbero nastri capricciosi di ornamento, e filamenti di bisbetiche trecce. Laggiù nei mari glaciali, ove ignoravasi ogni esistenza e vita, si sono trovate ai dì nostri viventi quelle forme già credute estinte degli encriniti e dei crostacei, che conoscevamo soltanto popolare colle loro spoglie le nostre montagne, già antichi fondi di mare.

Io vi confesso, che fra le più grandi maraviglie che mi hanno mosso ad entusiasmo, niuna vi fu che tanto mi rapisse quanto l'*Aquario* di Napoli, ove fu sommariamente raccolto quanto di raro, di curioso, di sublime vive in quel mare fortunato semitropicale per l'azione calorifica del vicino Vesuvio. Ma che diremo degli istinti, delle lotte, delle astuzie con cui ogni specie combatte realmente per l'esistenza? e di quel mirabile equilibrio nel quale, malgrado di tale lotta, le specie persistono, si propagano, e, salvo crisi straordinarie, si conservano?

Tutto questo è un sì gran pelago, dove le combinazioni sono veramente superiori ad ogni umano intelletto, e appetto a cui le combinazioni della chimica inorganica sono giuochi da fanciullo.

Qui adunque ci si presenta un'immensità di ordine novello, ben più sublime di quella dello spazio e del tempo, nata dal prodotto di questi elementi, le cui trasformazioni sono sterminate, variando da un istante all'altro. Qui sorge in mezzo un elemento novello, che ne innalza la sfera di comprensione, ed ha un principio tutto suo proprio, voglio dire *la destinazione ad un fine,* che lo caratterizza. Qualunque sia la teoria che uno abbracciar possa sopra la legge di queste trasformazioni nei corpi inorganici, nessuno, senza rinnegare la sua ragione, può confondere gli inorganici cogli organici, nè gli sviluppi degli uni cogli sviluppi degli altri. Ora *se pure* per la prima classe potrebbe assumersi una necessità matematica e materiale, per questi non si può prescindere da una *mente* ordinatrice, da una causa distinta dalla pura materia, e dal puro movimento meccanico; perchè chi dice organismo dice con questo stesso destinazione ad un fine, e questa non può nascere dalla pura materia formatrice, ma solo dalla intelligenza ordinatrice; in una parola dallo *spirito,* e in fondo da quello spirito supremo che è *Dio.*

È l'operazione di questa mente, riconosciuta fino dai pagani nella loro filosofia, che si svolge nella coordinazione di quei fatti che costituiscono l'animale, dal momento in cui come germe è deposto nell'uovo materno, fino al punto che esso diviene capace di nutrire e riprodurre se stesso, proseguendo un corso di vita con leggi costanti fino a ridursi

in fine nuovamente in materia inorganica. E di questa mente non può farsi a meno, sia nello svolgimento delle forme successivamente perfezionantisi, come vorrebbero i trasformisti; sia nell'impianto di un ordine arbitrario e limitato dal Creatore, come ammettono i più rigorosi filosofi.

Ma nell'esame di questi esseri viventi è mestieri di fare una distinzione fra il meccanismo *diretto* e la potenza *dirigente*. I composti organici non sono costituiti da principii e da forze chimiche diverse dalle comuni. Noi ammettiamo benissimo che questi tessuti nella loro costituzione moleculare vengono elaborati dalle stesse affinità chimiche, e sotto le medesime leggi del lavoro moleculare che reggono le materie inorganiche. Non vi è dubbio, che i corpi elementari costitutivi di una molecola organica dentro il corpo animale si combinino per le affinità loro come farebbero fuori del vivente, se essi fuori del medesimo trovassero tutte le medesime circostanze di calore, elettricità, vicinanza, influenza reciproca, pressione, ecc. Ma queste circostanze essendo difficili e praticamente non incontrandosi mai fuori di esso, quindi noi non vediamo accadere nei nostri fornelli e laboratorii chimici quei prodotti, che sì largamente ci dà l'organismo; ed anche quelli che si ottengono simili agli organici si hanno per altre vie. Ma in questa disposizione appunto sta ciò che costituisce la legge speciale dell'esistenza di questi prodotti, e la facoltà di questi corpi perchè si possano combinare. Anzi, noi vediamo che un regno è subordinato all'altro, e che l'animale non si nutre di minerale, se non in quanto esso è antecedentemente trasformato in materia nutritiva dal vegetale.

L'esperienza inoltre ci dimostra che le circostanze in cui formasi una combinazione organica non sono arbitrarie, e che non si producono indistintamente in un modo qualunque, ma che le condizioni, in cui si verifica lo sviluppo di tal serie di fenomeni, sono determinate da una combinazione esterna, estranea all'azione chimica, e senza la quale non si verificano. Questa combinazione, estranea all'azione chimica, è quella che noi chiamiamo *generazione*, che consiste in un altro germe già organizzato e deposto nell'uovo, ovvero nella separazione di una parte organica qualunque staccata da un altro vivente della stessa specie. Questo fatto è incontrastabile, e con tutto che per certi esseri venga messo in dubbio, per la massima parte degli organismi è certissimo, e pei più perfetti è assolutamente innegabile. La scienza nei suoi primordii combattè la teoria scolastica della *generazione ex putri*, mostrando la preesistenza di un germe allo sviluppo dei viventi. La questione nei tempi d'allora si volgeva sopra esseri assai perfetti, rane,

rospi, topi, insetti, pei quali ora ci vergogneremmo di metterla in dubbio. Resta solo l'incertezza per certi esseri di ordine infimo, bacterii, moneri, vibrioni, ove le investigazioni sono più difficili, ma la soluzione ormai è sicura, e dietro le ricerche non solo di Pasteur e d'altri, ma anche di Tyndall, testimonio non sospetto, essa volge favorevole alla gran legge: *omne vivens ex ovo* (1), dalla qual legge non sono esclusi gli stessi fermenti delle malattie, come le tifoidee, il vaiuolo, ecc. (2), e non abbiamo ancora nessun fatto dimostrante che la pura materia bruta dia da sè origine all'organica. Questa condizione indispensabile di un germe preesistente mostra da sè sola che quantunque sia certo che la vita è un moto, essa però include qualche cosa di più che il moto meccanico, e che nella *sua specialità* tal moto ha bisogno di essere *iniziato* con una operazione che consiste in una comunicazione di materia già organizzata in un determinato ordine di operazioni. Fatta questa iniziazione, le semplici leggi chimiche operando possono probabilmente produrre lo sviluppo senza forze di ordine superiore, come vediamo nei vegetali.

Ma negli animali, oltre il suddetto sviluppo materiale vediamo consociarsi un altro principio, che costituisce la loro spontaneità, la sensibilità agli stimoli esterni, e un agente speciale che operando per un sistema di vasi chiamati nervi produce i fenomeni che vediamo in essi, tanto diversi dai vegetali.

Finalmente nell'uomo vediamo sorgere un complesso di fenomeni, che ne rialzano il grado sopra tutti gli altri viventi fino a formarne un essere, che nella classificazione generale ha meritato di venir considerato non come una specie, ma come un *regno da sè*. Non ignoro le critiche fatte a tal distinzione da un celebre antropologo italiano, il quale ha pronunziato che l'opera del Quatrefages, il quale ha adottato tale divisione, è uno sbaglio di classificazione, perchè fondata sopra elementi non comprensibili dalla scienza. Ma se questo scienziato limita il comprensibile dalla scienza a ciò che si può vedere nel microscopio, o che può resistere al bistorì, non tutti accettano nella scienza cotali limiti.

E nell'uomo, anche prescindendo dalla moralità e dalla religiosità, vi sono altri fatti fisici che rilevano la sua distinzione naturale e l'al-

(1) Si credette che nei fondi di mare si trovasse questa materia plastica e polimorfa, che non fosse nè organica nè inorganica, ma il protoplasma da cui si formassero i primi embrioni degli enti: ma le ricerche fatte dagli analisti del Challenger han dimostrato che questa specie di brodo o gelatina non è che una densa soluzione di sali marini, e specialmente di solfato di calce.

(2) *The Nature*, vol. 16, pag. 9.

tezza del posto che occupa. Uno solo io ne accennerò: *la parola*. La parola è indubbiamente un fatto fisico nell'uomo, ma che non si arresta all'organismo materiale, e lo sorpassa tanto, che essa può sussistere in lui anche senza tale organico competente, perchè appunto ha sede in una *facoltà* di ordine superiore alla materia, che compone il suo individuo; dico nello spirito dotato di ragione.

Nel meccanismo della parola rilevarono già i filosofi uno stupendo magistero; una distinzione fra ciò che costituisce un *oggetto* qualunque e ciò che costituisce l'*azione*. Il primo è indicato dal *nome*, la seconda dal *verbo*. Nell'oggetto noi rileviamo delle *qualità* intellettive e relative ad un fine, come buono, cattivo, utile, bello, la causalità, ecc. Nell'azione noi troviamo rapporti di tempo inevitabili ad esprimersi, cioè il *passato*, il *presente* ed il *futuro:* relazioni espresse o con forme variate nel verbo stesso, o per mezzo di voci ausiliari, e di proposizioni o altre parti minori dell'orazione. Ora tutto questo meccanismo è sì proprio dell'uomo, che nell'operazione di nessun animale se ne trova vestigio. Solo gridi di terrore, di piacere, di amore e simili in essi vediamo, e tali atti provocati dalla sensazione presente e al più dalla reminiscenza passata; ma nessun germe di quella speculazione sopra l'avvenire, di quella comparazione del passato col futuro, che tanto classifica i linguaggi delle nazioni civili non solo, ma quello dei più rozzi selvaggi; i quali, se in qualche cosa si distinguono dai nostri, si è appunto nella loro complicazione, cioè nel pretendere di incorporare in una sola espressione, e talora in una sola parola, idee diverse e complesse; operazioni mentali le più sottili e condizionate; talchè diresti, che coll'abbassarsi la civiltà e l'educazione, cresce la naturale filosofia e la metafisica di questo grande elemento di comunicazione di uomo ad uomo.

Ma il più sorprendente si è che l'uomo per tale comunicazione non si limita alla voce, e di questa neanche abbisogna. Segni convenzionali di qualsivoglia specie, che nulla hanno di relazione coll'oggetto, gli bastano ad esprimere le sue idee; tanto che i geroglifici e gli alfabeti sono un lusso non necessario, poichè vediamo che noi comunichiamo da un continente all'altro con due soli segni qualunque, siano essi un punto e una linea, come nel telegrafo di Morse, siano la deviazione di un raggio luminoso a destra o a sinistra, come nel telegrafo transatlantico di Thomson. E si oserà dire da taluni, che una così sublime facoltà, di cui è arricchito l'uomo, è una combinazione di atomi, che essa non è dovuta ad un'essenza superiore alla materia, perchè non si è ancora incontrata l'anima col bistorì? Hanno essi in-

contrato mai sotto il bistorì la luce e le molecole dell'etere, hanno mai incontrato la parola? Solo una grossolana ignoranza può invocare tali argomenti.

Sì, o Signori; in questi secoli di tanta scienza, e in cui a nome della scienza si osteggia la religione, non si prendono le obbiezioni e gli argomenti, che dalla nostra ignoranza, e con quest'arme si cerca di imporre ai deboli. E qui molto avrei a dire sopra questi argomenti, in cui si sputan sentenze sopra il mondo infinito, sopra la potenza della materia, sopra la sua facoltà organatrice, sopra la trasformazione degli esseri, sopra la eternità del mondo, sopra la dottrina della sua autonoma formazione, quasichè si fossero già sciolti e penetrati questi misteri, mentre nulla ne sappiamo, ed essi stessi confessano (cosa curiosa) di non saperlo! Eppure osano in questo buio agitarsi, e tirare a sproposito le conclusioni! Si limitassero a dire quel che sanno, a ricercare e scoprire quel che non sanno; sarebbe saviezza, sarebbe zelo: ma tirare le conseguenze oltre la cognizione mancante per loro propria confessione, è audacia, e, più che audacia, è pazzìa.

Ma raccogliendo le vele al mio troppo lungo discorso, noi ne riportiamo la conseguenza, che l'immensità contemplata nello spazio e nel tempo è superata di gran lunga dalla immensità delle combinazioni di questi elementi nel tempo e nello spazio.

Noi vediamo pertanto (1), che la materia che compone le grandi masse che popolano il firmamento è dappertutto la stessa. Gli elementi, che il chimico studia nel suo laboratorio, sono gli stessi che lo spettroscopio ci svela nelle ultime nebulose e nelle atmosfere stellari. Benchè scarso sia il numero di quelli che si sono identificati, esso però è sufficiente per assicurarci che le leggi che reggono la materia sono le stesse da noi, e in quelle remote profondità, e le scoperte quotidiane ci confermano in queste idee.

Ma il creato, che contempla l'astronomo, non è un semplice ammasso di materia luminosa: è un prodigioso organismo, in cui, dove cessa l'incandescenza della materia, incomincia la vita. Benchè questa non sia penetrabile ai suoi telescopii, tuttavia, dall'analogia del nostro globo, possiamo argomentarne la generale esistenza negli altri. La costituzione atmosferica degli altri pianeti, che in alcuni è cotanto simile alla nostra, e la struttura e composizione delle stelle simile a quella del nostro sole, ci persuadono che essi o sono in uno stadio simile al

---

(1) Le conclusioni che seguono furono inserite dall'autore nella sua opera *Le Stelle*, pubblicata a Milano dai Fratelli Dumolard un anno prima della sua morte.

presente del nostro sistema, o percorrono taluno di quei periodi, che esso già percorse, o è destinato a percorrere.

Dall'immensa varietà delle creature, che furono già e che sono sul nostro, possiamo argomentare la diversità di quelle che possono esistere colà. Se da noi l'aria, l'acqua e la terra sono popolate da tante varietà di esse, che si cambiarono le tante volte al mutare delle semplici circostanze di clima e di mezzo, quante più se ne devono trovare in quegli sterminati sistemi, ove gli astri secondarii sono rischiarati talora non da uno, ma da più soli alternativamente, e dove le vicende climateriche succedentisi del caldo e del freddo devono essere estreme per le eccentricità delle orbite, e per le varie intensità assolute delle loro radiazioni, da cui neppure il nostro sole è esente!

Sarebbe però ben angusta veduta quella di voler modellato l'Universo tutto sul tipo del nostro piccolo globo; mentre il nostro stesso relativamente microscopico sistema ci presenta tante varietà; nè è filosofico il pretendere che ogni astro debba essere abitato come il nostro, e che in ogni sistema la vita sia limitata ai satelliti oscuri. È vero che essa da noi non può esistere che entro confini di temperatura assai limitati, cioè tra 0° e 40° in 45° gradi centesimali: ma chi può sapere se questi non sono limiti solo pei nostri organismi? (1) Tuttavia, anche con questi limiti, se essa non potrebbe esistere negli astri infiammati, questi astri maggiori avrebbero sempre nella creazione il grande uffizio di sostenerla regolando il corso dei corpi secondarii, mediante l'attrazione delle loro masse, e di avvivarla colla luce e col calore. E qual sorpresa sarebbe, se fra tanti milioni, anche molti e molti di questi sistemi fossero deserti? Non vediamo noi, che sul nostro globo regioni, in proporzioni assai estese, sono incapaci di vita? L'immensità della fabbrica non verrebbe perciò meno alla sua dignità, nè allo scopo inteso dall'Architetto.

La vita empie l'universo, e colla vita va associata l'intelligenza, e come abbondano gli esseri a noi inferiori, così possono, in altre condizioni esisterne di quelli immensamente più capaci di noi. Fra il debole lume di questo raggio divino che rifulge nel nostro fragile composto, mercè del quale potemmo pur conoscere tante meraviglie, e la sapienza dell'autore di tutte le cose è un'infinita distanza che può essere intercalata da gradi infiniti delle sue creature, per le quali i teo-

---

(1) La cessazione della vita a 0° nasce dal solidificarsi dell'acqua: nei mari profondi, ove l'acqua salsa gelerebbe solo a 3° sotto zero, la vita esiste a — 2°,15, ed anche a — 3°. Se l'acqua non è il solo elemento necessario alla vita, ma con un altro fluido può unirsi, chi può fissare i termini della sussistenza della stessa vita?

remi, che per noi sono frutto di ardui studî, potrebbero essere semplici intuizioni.

Ma questa è sfera ove l'astronomo non può estendere il suo regno. A lui è riservato lo sviluppo materiale e meccanico del mondo: rintracciarlo *nello spazio* e soccorrere al geologo che lo studia *nel tempo*. Anche in questo la scala è sterminata. La condensazione delle nebulose è sì lenta, che il periodo di poco più di un secolo, da che le conosciamo competentemente, non ci ha mostrato traccia sicura di mutazioni, e questo intervallo non può riguardarsi che come un istante. Le stelle doppie, per poco che siano sensibili le loro distanze, già compiono i loro periodi in secoli. La configurazione delle costellazioni non ha sensibilmente variato da che l'uomo contempla il cielo. Tanta è la lentezza apparente, a cagione delle enormi distanze, con cui si fanno quei movimenti, che pure superano in velocità molte volte quello della nostra terra. Tali configurazioni però varieranno, e allora forse si potrà avere qualche idea dei rapporti del nostro sistema stellare cogli altri.

Intanto nessun corpo novello cospicuo è venuto a popolare permanentemente la sfera stellata, e se qualcuno apparve istantaneamente, ora sappiamo che non fu quello una novella creazione, ma uno di quei tanti incendî momentanei che non sono rari anche oggidì, ma solo son più difficili a riconoscere per la piccolezza apparente dei corpi, che ne sono la sede: sono questi incendii nati da collisioni esterne, o da nuove trasformazioni interne dell'astro? Noi nol sappiamo: ma ben vediamo che là dove pare eterno silenzio è una prodigiosa attività. La lunga serie di anni, che misura le rivoluzioni celesti, è parallela alla serie sopra cui il geologo calcola le durate delle rivoluzioni del globo; ed in questo i due estremi, la immensità dei cieli e la durata del nostro piccolo pianeta, si toccano. Ma anche qui siamo lungi dall'avere una durata infinita: se essa fosse tale, l'attività mondiale sarebbe già estinta. L'attività è fondata sopra le differenze di energia nelle diverse regioni, e questa energia tendendo sempre a livellarsi ed eguagliarsi, con una durata infinita anteriore avrebbe già raggiunto l'equilibrio generale, e quindi ogni fenomeno mondiale sarebbe reso impossibile.

Il calore è la forza prima, che anima l'universo; la sua azione si trasmette da un corpo all'altro mediante un mezzo continuo che chiamiamo *etere;* e noi siamo in contatto colle regioni più estreme dello spazio mediante questo mezzo misterioso, le cui vibrazioni costituiscono il calore radiante, la luce e l'attività chimica vitale, i cui squilibrii di densità producono le attrazioni e i fenomeni elettrici e magnetici.

Questo mezzo è quello che tutto lega l'universo, e a tutto dà l'unità, malgrado delle enormi distanze.

La gravità è una forza che regge tutto il creato dal sassolino cadente sulla terra alla nebulosa che si va condensando nella profondità dello spazio. Essa è la causa prima dell'incandescenza degli astri per la forza viva prodotta nella caduta delle masse, che determinò la loro condensazione. Questa forza però non è la sola che domini nell'universo: forse ancor essa è conseguenza dell'equilibrio dell'etere. Ma le comete ci danno indizio di qualche altra forza non ancora ben definita che opera nello spazio. Il rapido sviluppo delle loro code non è spiegato col solo calore, nè colla gravità. S'invoca il magnetismo e l'elettrico; ma finora nulla è sicuro.

Le vicende decennali del sole, manifestateci nella periodicità delle sue macchie, e nella forza e vivacità delle sue eruzioni, sono riflesse nelle variazioni del magnetismo terrestre, e nelle manifestazioni elettriche delle aurore boreali; e ciò fa prova, che un'altra forza, oltre la gravità, parte dal sole e si spande nello spazio, la quale pervade i pianeti e ne determina le vicende più astruse. Noi siamo certi di questa forza, ma ignoriamo il suo modo d'azione. È essa un'azione magnetica diretta, ovvero una semplice trasformazione della sua azione calorifica?

Nè siamo ancora alla fine delle maraviglie; lo saremo soltanto, quando cesseremo di studiare. Fu già un tempo, in cui tutto il sistema solare si limitava ad un corpo centrale luminoso, circondato da pochi astri maggiori oscuri. Non molto dopo vi si aggiunsero numerosi sistemi di secondo ordine, i satelliti, e si credettero finite le scoperte. Ora invece quali radicali mutazioni nell'idea stessa del sistema! Ora sappiamo che attorno al sole tra Marte e Giove circolano ben 172 piccoli pianeti (1); che un inviluppo gassoso lo circonda, il quale si estende sovente fino alla terra, formando la luce zodiacale: si aggiunsero pure numerose comete circolanti permanentemente nei limiti del dominio di sua attrazione, dotate di luce propria: si sono riconosciute numerose correnti di minutissimi corpuscoli, che solcano in tutti i versi lo spazio planetario; e tutto questo per corteggio ad un astro, che, posto alla distanza stellare sarebbe di sesto ordine, cioè come quelli che sono appena visibili ad occhio nudo!

Così, non ha guari che si credeva lo spazio stellare popolato solo di corpi stellari definiti e compatti; ora vi abbiamo scoperte masse enormi di gas, le quali forse sono destinate a costituire altri corpi so-

(1) Nel maggio del 1877.

lidi; se pure non sono già in tal forma condensati; ma la luce non ce ne ha ancora recata la notizia. L'orbita del più lontano dei nostri pianeti potrebbe appena misurare l'estensione di una *planetaria*. Che cosa diremo poi di tante altre, come per esempio di quella di θ di Orione che si estende per trenta gradi quadrati nella parte più viva, senza contare la più pallida?

Quante altre maraviglie non devono trovarsi nell'immensità di quello spazio, che noi non possiamo scandagliare? Chi avrebbe imaginato, dieci anni or sono, le maraviglie che stava per rivelarci lo spettroscopio?.... Ogni nuovo perfezionamento dell'arte ne porta uno alla scienza, e l'astronomo, profittando dell'arte e della scienza, ci svela sempre più la grandezza di *Dio*, e ci fa esclamare col reale Profeta: « *Che sono magne le tue fatture, o Signore; tutte esse in sapienza facesti* (1); *e i cieli veramente contano le tue glorie! Si succede da un giorno all'altro l'encomio delle opere tue; e se il giorno ci stordisce colle maraviglie, la notte ci apre i tesori della scienza!... Non parlano, nè fanno strepito di voce, ma su tutta la terra, nel mondo tutto si spande il loro mistico linguaggio* (2).

(1) Salmo CIV, Traduzione del P. Patrizi.
(2) Salmo XIX, Traduzione libera.

INDICE

APPENDICE

LA GRANDEZZA DEL CREATO.

ERRATA-CORRIGE.

Pag.	linea	errori	correzioni
7	7	7 anni	8 anni
»	»	1499	1500
8	3 dal basso	82° 2/3	83° 1/3
9	3	Naves	Nares
»	9	toccare	superare
11	10	Zanguebar	Kerguelen
12	12	Ululaba	Lualaba (*come a p. 8*)
»	nota	8500	8840 (*c. leggenda d. T. II*)
13	14	il Rosso	il Giallo (*c. a p. 17*)
52	1	Sirama	Siracusa
55	6 dal basso	3 metri	3 piedi (circa un metro)
61	7 »	Molura	Molara
159	9	della Siberia	dell'Asia

Qualche altra menda ortografica si lascia alla discrezione del benigno lettore.

PROSPETTO COMPARATIVO DELLE PRINCIPALI MONTAGNE DELLA TERRA

AMERICA

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate *	Paese o Catena	Regione
a	Monte di Sorata	23,640	7900	Ande	Perù
b	Monti Illimani	22,932	7450	»	»
c	detti	22,698	7372	»	»
d	Monte al N. di Arequipa . . .	20,640	6764	»	»
1	Cimborazzo	20,160	6530	»	Quito
2	Cayambe-Urcu	18,325	5951	»	»
3	Disca Cassada	18,313	5947	»	»
4	Antisana	17,953	5831	»	»
5	Cotopaxi (Vulcano)	17,706	5735	»	»
6	Monte S. Elia	17,098	5554	»	Messico
7	Puebla	16,627	5401	»	»
8	Illinissa	16,317	5300	»	Quito
9	Picco d'Orizava	16,317	5393	»	Messico
10	Monte dell'Altar	16,296	5293	»	Quito
11	Sangay	16,068	5600	»	»
12	Cotocacache	15,391	4970	»	»
13 14	Picchi del Topian	15,294	4967	—	Stati Uniti
15	Tunguragua	15,262	4961	Ande	Quito
16	Rucu-Pichincha	14,956	4858	»	»
17	Corazon	14,801	4807	»	»
18	Sierra Nevada	14,736	4621	Merida	Messico
19	Bayo Pongo	14,731	4784	Ande	Quito
20	Carguairazo	14,712	4777	»	»
21	Nevada de Toluca	14,262	4632	»	Messico
22	Sierra de Santa Marta	14,229	4621	—	Colombia
23	Picco Fraide	14,196	4609	—	Messico
24	Huancavelica	14,038	4559	Ande	Quito
25	Pambamarca	12,667	4115	»	»
26	Picco Coffre	12,587	4088	—	Messico
27	S. Elia (Vulcano)	11,888	3862	—	Costa N.O.
28	Boueran	11,871	3856	Ande	Quito
29	Pike's Peak	11,729	4333*	Montagne Rocciose	Stati Uniti
30	Cahouapala	10,923	3541	Ande	Quito
31	Borma	9,693	3157	»	»
32	Imbabura	8,417	2734	»	»
33	Montagna di Bel tempo . . .	8,415	2733	—	Costa N.O.
34	Silla de Caracas	8,107	2633	—	Venezuela
35	Picco di Duida (V.)	7,938	2577	Ande	Colombia
36	Montagne Bleu	7,675	2493	Giamaica	Antille
37	Montagne Bianche	7,319	2377	Alleghany	Stati Uniti
38	Cuanarama	6,099	1981	Ande	Colombia
39	Tumiriquiri	5,864	1905	»	»
40	Montagne Rocciose (punti bassi)	5,864	1905	—	Stati Uniti
41	Blaasark	5,536	1798	—	Groenland
42	Crillon	5,067	1646	—	Costa N.O.
43	Morne Garou	4,795	1463*	Isola San Vincenzo	Indie Occidentali
44	Solfatara (Vulcano)	4,701	1484*	Guadalupa	Antille
45	Bergantin	4,129	1341	—	Colombia
46	Jorullo (Vulcano)	4,002	1306	—	Messico
47	Monte Pelée (Vulcano)	3,997	1350*	Martinica	Antille
48	Monte della Miseria	3,481	1131	San Cristoforo	»
49	Picco Killington	3,284	1067	Alleghany	Stati Uniti
50	Monte Alleghany	2,824	917	»	»
51	Monti Catskill	2,815	913	»	»
52	Colli Neri	2,158	986	»	»
53	Monti Ozark	1,877	600*	—	»
54	Picco Otter	1,736	564	—	»
55	Monte Edgcumbe	1,314	426	—	Costa N.O.

ASIA ed OCEANIA

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate *	Paese o Catena	Regione
a	Gorishanta (Everest)	27,212	8840	Monti Imalaya	Hindoustan
b	Dapsang	26,550	8625	»	Tibet
c	Kinchanjunga	26,443	8590	»	Hindoustan
1	Dhawalagiri	24,829	8200*	»	»
2	Picco Jawahir	24,160	7848	»	Jawahir
3	Jamatura	23,927	7772	»	Tibet
4	Dhaiban	23,176	7526	»	»
5—13	Picchi tra i 23,176 ai	21,630	7526 a 7026	»	»
14	Serga	21,493	6902	»	Gurhwal

ASIA ed OCEANIA *(Continuazione).*

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate*	Paese o Catena	Regione
15	Picco S. Patrizio	21,391	6948	Monti Imalaya	Gurhwal
16	Monte Moira	21,386	6947	»	Jaunli
17	Purkial	21,299	6919	»	Bissahir
18	Picco S. Giorgio	21,252	6903	»	Gurhwal
19	Rudra Imalaya	21,009	6824	»	»
20	Picco	20,609	6695	»	»
21	Picco Jahunti	20,586	6687	»	Jaunli
22	Picco	20.429	6633	»	Gurhwal
23	Ralding	20,090	6526	»	»
24	Rhisi Gangtong	20,069	6519	»	»
25	La Piramide	20,060	6516	»	»
26	Il Cono	19,871	6454	»	»
27	Picco	19,866	6453	»	Badrinath
28	Picco Nero	19,850	6447	»	Gurhwal
29	Petcha o Hamar	19,704	6399	Ho-nan	China
30	Bunder puch	19,625	6374	Monti Imalaya	Gurhwal
31	Picco	19,393	6299	»	»
32	Detto	19,236	6248	»	»
33	Sri Kanta	19,044	6186	»	»
34	Picco Basso	18,880	6133	»	»
35	Picco	18,698	6074	»	Badrinath
36	Picco	18,325	5952	»	»
37	Picco Occidentale	18,308	5947	»	Gurhwal
38	Picco	18,279	5938	»	»
39	Picco Tawara	18,158	5898	»	»
40	Picco dell'Ago	17,869	5804	»	»
41	Picco	17,638	5729	»	»
42	Picco Jhala	17,635	5728	»	»
43	Skippur	17,528	5694	»	»
44	Mauna Loa (Vulcano)	16,889	5486	Sandwich	Polinesia
45	Picco	15,967	5186	Monti Imalaya	Gurhwal
46	Soomaonang	14,450	4694	»	Boutan
47	Ofir	12,988	4219	Isola di Sumatra	Oceano Indiano
48	Ghassa	12,226	3971	Monti Imalaya	Boutan
49	Zochonda	11,823	3840	Ho-nan	China
50	Vulcano	11,635	3779	Isola di Sumatra	Oceano Indiano
51	Choor o Chur	11,394	3701	Monti Imalaya	Tibet
52	Chumuralee	11,241	3651	»	»
53	Italizkoi	10,073	3272	Catena Altaina	Tartaria
54	Tigeretskoi	10,040	3261	»	»
55	Torgonskoi	10,040	3261	»	»
56	Kntunayaiskoi	9,993	3257	»	»
57	Parmesan	9,430	3073	Isola di Banca	M. della Ch.
58	Awatscha (Vulcano)	9,008	2936	Kamschatka	Russia Asiatica
59	Libano	8,933	2802	Siria	Turchia Asiatica
60	Ararat	8,914	5155*	Armenia	»
61	Monte Me-Lin	7,694	2499	Ho-nan	China
62	Picco di Jesso	7,206	2341	Jesso	Giappone
63	Monti Budirai	7,039	2287	Monti Imalaya	Tibet
64	Colle della Vista di Mare . .	6,099	1981	Nuova Galles M.	Australia
65	Olimpo	6,081	1975	Licia	Turchia Asiatica
66	Picco Quelpaert	6,005	1951	Quelpaert	M. della Ch.
67	Monte Ida	5,442	1755	Natolia	Turchia Asiatica
68	Monti della Corea	4,110	1335	Corea	China
69	Colli della Foresta	3,543	1151	Nuova Galles M.	Australia
70	Monte York	3,089	1003	»	»
71	Monti Ghâts	2,815	914	Indostan	India Orientale
72	Monte Exmouth	2,815	914	Nuova Galles M.	Australia
73	Sunnaia Sopka	2,815	914	Altai	—
74	Tavola terrestre dei Re . . .	2,653	862	Nuova Galles M.	Australia
75	Colle del Pan di Zucchero . .	2,371	770	»	»
76	Carmelo	2,064	670	Palestina	Asia
77	Tabor	1,877	610	»	»
78	Hermon	1,877	2749*	»	»
79	Altezze Bathurst	1,783	579	Nuova Galles M.	Australia
80	Monti Cunninghan	469	152	»	»

AFRICA

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate*	Paese o Catena	Regione
a	Kilima-Ndjaro	18,963	6160	Zanguebar	Africa orientale
1	Detjeu	14,231	4623	Abissinia	»
2	Geesh	14,121	4487	—	»
3	Monti Amid	12,386	4023	»	»
4	Atlante	11,729	3811	—	Algeria
5	Picco di Teneriffa	11,596	3767	Isole Canarie	Oceano Atlantico
6	Lamalmon	10,509	3414	Abissinia	Africa orientale
7	Niewe-Veld	9,383	3048	C° Buona Speranza	Africa Meridionale

AFRICA *(Continuazione)*

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate*	Paese o Catena	Regione
8	Compass	9,383	3040	C° Buona Speranza	Africa Meridionale
9	Monti di Gondar	7,929	2575	Gondar	Abissinia
10	Komberg	7,506	2438	C° Buona Speranza	Africa Meridionale
11	Taranla	7,319	2377	—	Abissinia
12	Piton de la Fournaise (Vulcano)	7,206	2625*	Isola Reunion	M. delle Indie
13	Kamberg	5,296	1729	C° Buona Speranza	Africa Meridionale
14	Picco Ruivo	4,812	1800*	Madera	Oceano Atlantico
15	Kamies	4,035	1311	C° Buona Speranza	Africa Meridionale
16	Monte della Tavola	3,361	1092	»	»
17	Picco Diana.	2,526	900*	Isola Sant'Elena	Oceano Atlantico
18	Testa del Diavolo.	2,172	705	C° Buona Speranza	Africa Meridionale
19	Testa de' Leoni	2,032	660	»	»
20	Monte Hermamass	1,952	634	»	»
21	High Knoll	1,877	610	Isola Sant'Elena	Oceano Atlantico
22	Picco Copico	469	152	C° Buona Speranza	Africa Meridionale
23	Piramide di Jeezeh } sul livello	469	152	—	Basso Egitto
24	Piramide di Cefrene } del mare	410	149	—	»

EUROPA

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate*	Paese o Catena	Regione
1	Monte Bianco	14,762	4810*	Alpi Graje	Piemonte
2	Monte Rosa.	14,196	4618*	»	»
3	Monte Cervino.	13,851	4522*	»	Svizzera
4	Gross Glockner	13,338	3894*	» Noriche	Tirolo
5	Finsteraarhorn	13,224	4275*	» Berniche	Svizzera
6	Jungfrau	12,870	4180*	»	»
7	Mönch	12,660	4167*	»	»
8	Gran Pelvoux	12,612	3938*	» Cozie	Francia
9	Schreckhorn	12,558	4079	Alpi	Svizzera
10	Iseran	12,456	4045*	Alpi Graje	Savoia
11	Eigner.	12,268	3985	» Berniche	Svizzera
12	Ortles Spitz	12,059	3917	» Retiche	Tirolo
13	Monte Viso	11,808	3840*	» Cozie	Piemonte
14	Wetterhorn	11,454	3726	»	Svizzera
15	Frau	11,393	3701	»	»
16	Dente Parassee	11,388	3699	» Graje	Savoia
17	Monte delle Disgrazie	11,316	3676	» Lepontine	Valtellina
18	Weisbachhorn	11,124	3607	» Noriche	Salisburgo
19	San Michele (Monte Cenis) . .	11,058	3375*	» Cozie	Piemonte
20	Mulhacen.	10,890	3554*	Sierra Nevada	Spagna
21	Monte Perduto	10,518	3404*	Pirenei	»
22	Gran San Bernardo	10,327	3571*	Alpi Pennine	Francia
23	Sempione	10,321	3518*	»	Piemonte
24	Vignemale	10,314	3350	»	»
25	Monte Etna	10,203	3313*	Sicilia	Mediterraneo
26	Roche Chevriere	10,072	3272	Alpi	Piemonte
27	Hock Horn	10,002	3249	Alpi Noriche	Salisburgo
28	Colle Cervino	9,854	3101	»	Svizzera
29	Terglou	9,749	3113*	» Carniche	Carniola
30	Picco Bianco	9,575	3110	Pirenei	Francia
31	Albergian	9,344	3035	Alpi	Piemonte
32	Gross Kogl	9,148	2971	Alpi Carniche	Carinzia
33	Roth Horn	9,045	2938	» Retiche	Tirolo
34	Colle di Finestra	8,990	2031*	» Marittime	Piemonte
35	Canigou	8,653	2811	Pirenei	Francia
36	San Gottardo	8,515	3171*	Alpi Lepontine	Svizzera
37	Punta Grimsel	8,407	2731	»	»
38	Punte Lomnitz	8,323	2703	Carpazii	Ungheria
39	Snahatta	7,879	2559	—	Norvegia
40	Velino	7,879	2559	Appennini	Napoli
41	Picco d'Arbizon	7,829	2543	Pirenei	Francia
42	Sneehöttan	7,783	2366*	Monti Kiöllen	Norvegia
43	Monte Anzeindaz	7,338	2383	Alpi	Svizzera
44	Furca del Bosco	7,220	2345	»	»
45	Dovre Field.	7,150	2323	Monti Kiöllen	Norvegia
46	Picco de los Reyes	7,150	2323	Pirenei	Spagna
47	Sterzing	7,049	2290	Alpi Retiche	Tirolo
48	Punta Montaign	6,859	2228	Pirenei	Francia
49	Pricl	6,568	2223	—	Austria
50	Cimone di Fanano	6,541	2126*	Appennini	Italia
51	Pauda	6,362	2067	Monti Urali	Russia

N°.	Nome del Monte	Altezza in piedi di Parigi	Alt. in m. c. varianti segnate*	Paese o Catena	Regione
52	Pizzo di Case	6,120	2000*	Monti di Madonia	Sicilia
53	Monte Mezen	6,157	1990	—	Francia
54	Ventoux	6,099	1912*	Alpi	»
55	Monte d'Oro	5,819	1890	Cantal	»
56	Areskutan	5,799	1884	Monti Kiöllen	Norvegia
57	Plomb de Canlal	5,714	1856	Alta Loira	Francia
58	Swuku	5,677	1844	Monti Kiöllen	Norvegia
59	Rœttwik	5,630	1829	»	»
60	Sierra del Malhao	5,630	1829	—	Portogallo
61	Sulitielma	5,545	1801	—	Laponia
62	Recalet	5,245	1704	Giura	Francia
63	La Dole	5,078	1649	»	»
64	Montagne Nere	5,050	1640	Cefalonia	Isole Jonie
65	Cerbieu des Jones	4,988	1520	Alta Loira	Francia
66	S. Angelo	4,935	1503	Isola di Lipari	Mediterraneo
67	Chasseral	4,935	1503	Giura	Francia
68	Brenner (Passo)	4,795	1450*	Alpi Retiche	Tirolo
69	Tagoni	4,598	1493	Monti Urali	Russia
70	Dishigalgo	4,598	1493	»	»
71	Pui-de-Dôme	4,558	1480	Pui-de-Dôme	Francia
72	Feldberg	4,378	1422	Svevia	Germania
73	Ballon	4,320	1403	Alto Reno	Francia
74	Snæ Fiall Jokul	4,277	1387	Islanda	Oceano artico
75	Haidelberg	4,185	1359	Bömerwald	Germania
76	Sylfiœllen	4,053	1316	Monti Kiöllen	Norvegia
77	Vesuvio (Vulcano)	3,733	1212	Napoli	Italia
78	Hekla (Vulcano)	3,462	1124	Islanda	Oceano artico
79	Schneekopf	3,109	1010	Sudetiche	Boemia
80	Inselberg	2,934	953	Turingia	Germania
81	Stromboli (Vulcano)	2,834	920	Isola di Lipari	Mare Mediterraneo
82	Monti Kyria	2,829	919	Monti Urali	Russia
83	Volchonskoi Leis	2,815	914	»	»
84	Hornalen	2,815	914	Monti Kiöllen	Norvegia
85	Monte Oreste	2,154	700	Romagna	Italia
86	Lang Fiall	2,064	670	Monti Kiöllen	Norvegia
87	Valchiusa	2,017	655	Valchiusa	Francia
88	Liken Ulrich	1,501	488	Monti Kiöllen	Norvegia
89	Flæy Feld	1,407	457	»	»
90	Gibilterra	1,350	438	Andalusia	Spagna
91	Torfa	1,319	428	Islanda	Oceano artico
92	Valday	1,126	366	Monti Urali	Russia
93	Hurine	672	218	Monti Kiöllen	Norvegia
94	Taberg	394	128	»	»
95	Mont Martre	375	122	Parigi	Francia

Altezze di alcuni edifizii rimarchevoli al disopra del suolo, in piedi di Parigi.

Edifizio	Piedi	Edifizio	Piedi
Piramide di Ceope in Egitto (Jeezeh)	457	Cupola del Duomo di Milano	330
Piramide di Cefrene in Egitto	398	Torre di S. Marco di Venezia	325
Chiesa di Anversa	438	Casa degli Invalidi a Parigi	324
Torre della Cattedrale di Strasburgo	432	Torre degli Asinelli di Bologna	304
Torre di S. Stefano di Vienna	420	Torre di Modena	265
Cupola di S. Pietro in Roma	402	Torre di Porcellana alla China	230
Torre di S. Michele d'Amburgo	394	Alberatura di un Vascello da 120 cannoni	222
Torre di S. Pietro d'Amburgo	360	Torre di Pisa, la quale pende 13 piedi	190
Lanterna del Porto di Genova, circa	350	Statua di S. Carlo ad Arona sul Lago Maggiore, compreso il piedestallo	112
Torrazzo di Cremona	339	Colonna di Pompeo in Egitto	96
Cupola di S. Paolo di Londra	336		

Altezze delle principali cascate dei fiumi, in piedi di Parigi.

Cascata	Paese	Piedi	Cascata	Paese	Piedi
Cascata di Gavarnia	Pirenei	1266	Cascata del Montmorency	Canadà	242
» di Staubach	Svizzera	900	» del Reichenbach Sup.	Svizzera	200
Il Riukand Foss	Norvegia	800	Salto di Niagara	Canadà	163
Cascata di Seculejo	Pirenei	860	Cascata di Kakabika	Amer. Sett.	122
» di Lulea	Svezia	900	Cateratta dell'Oyapock	Gujana Fr.	80
Il Salto di Tequendama	Colombia	539	Cascata del Reno a Leuffen	Svizzera	60
Cascata del Missuri	Amer. Sett.	384	La Gran Cascata di Tivoli	Italia	50
» del Rio Vinagre	Colombia	369	Cateratta dell'Orenoco	Amer. Mer.	30
» di Grey mais tail	Scozia	350	Casc. del Mississippì a S. Ant°.	Amer. Sett.	10
La Pisse Vache	Svizzera	300	Cascata del Senegal a Felon	Africa	6
Cascata della Marmora a Terni	Italia	270	Ultima cateratta del Nilo	»	5

MAPPAMONDO FISICO

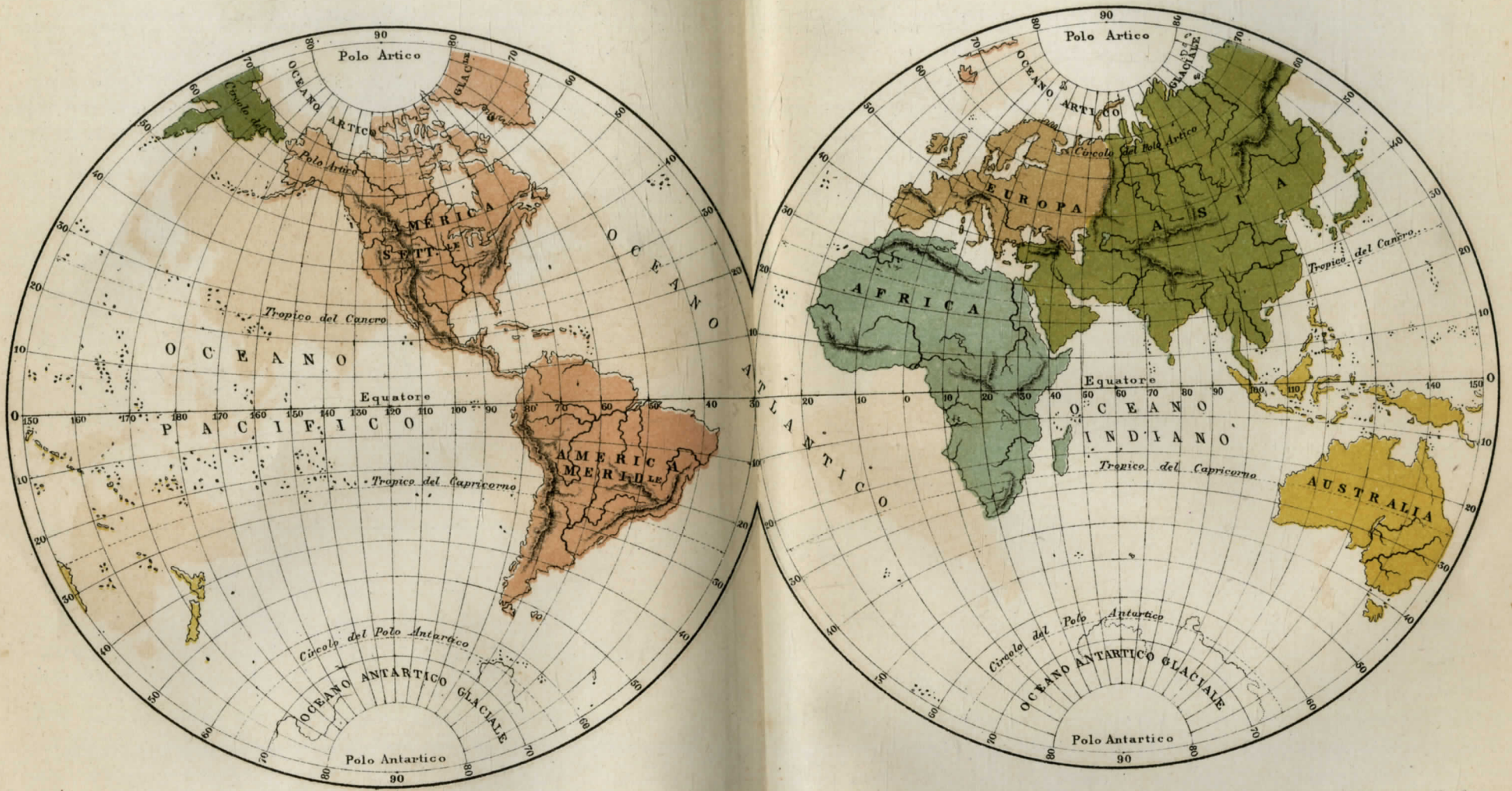
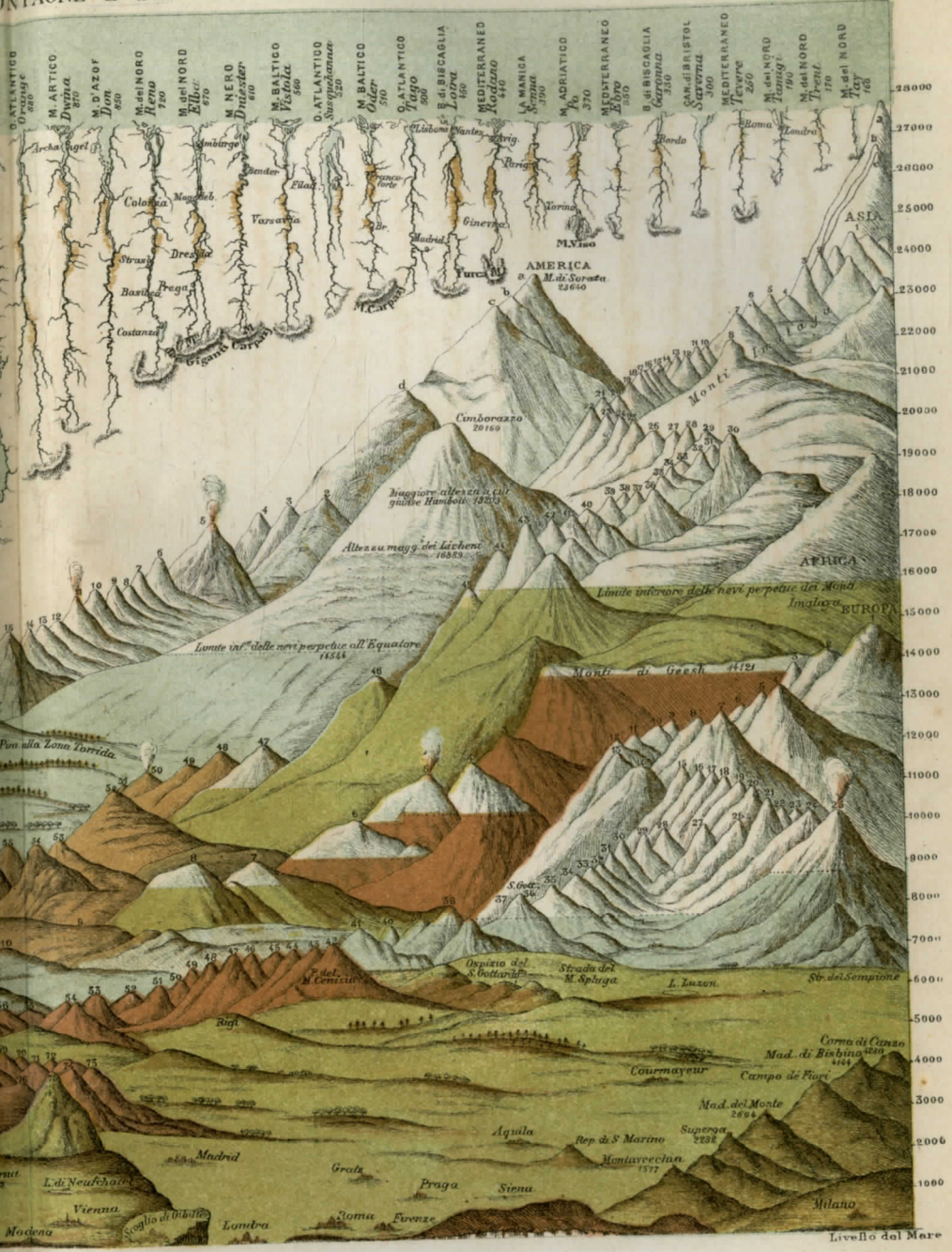
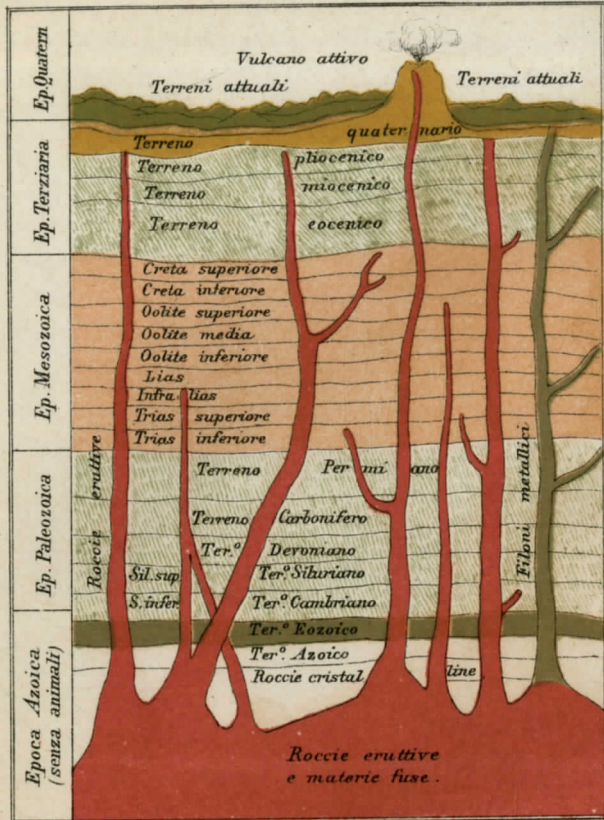
Torino-Roma-Firenze, Ermanno Loescher Libraio Editore

Lit. Salussolia Via Soccorso 2 Torino.

PROSPETTO COMPARATIVO DELLE PRINCIPALI MONT[...]

Torino, Roma, Firenze, Ermanno Loescher Libraio Editore

Torino, Lit. Salussolia Via Soccorso 2

Tav. III

SEZIONE TEORICA DELLA CROSTA SOLIDA TERRESTRE

PRINCIPALI TERRENI
costituenti
IL SUOLO D' ITALIA

Torino-Roma-Firenze, Ermanno Loescher Libraio Editore

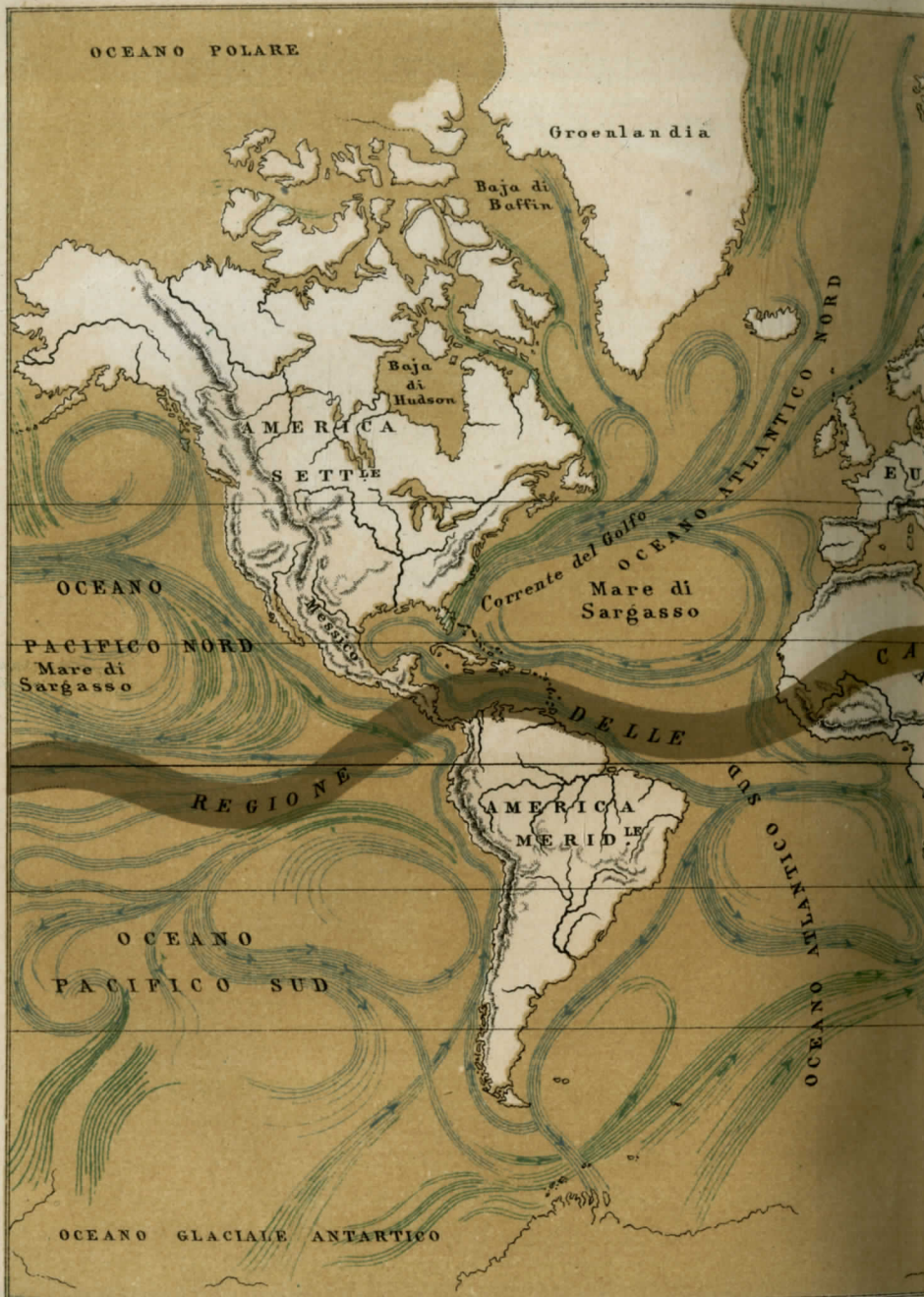
Lit. Salussolia Via Soccorso Torino

Ermanno Loescher Editore, Torino-Roma-Firenze

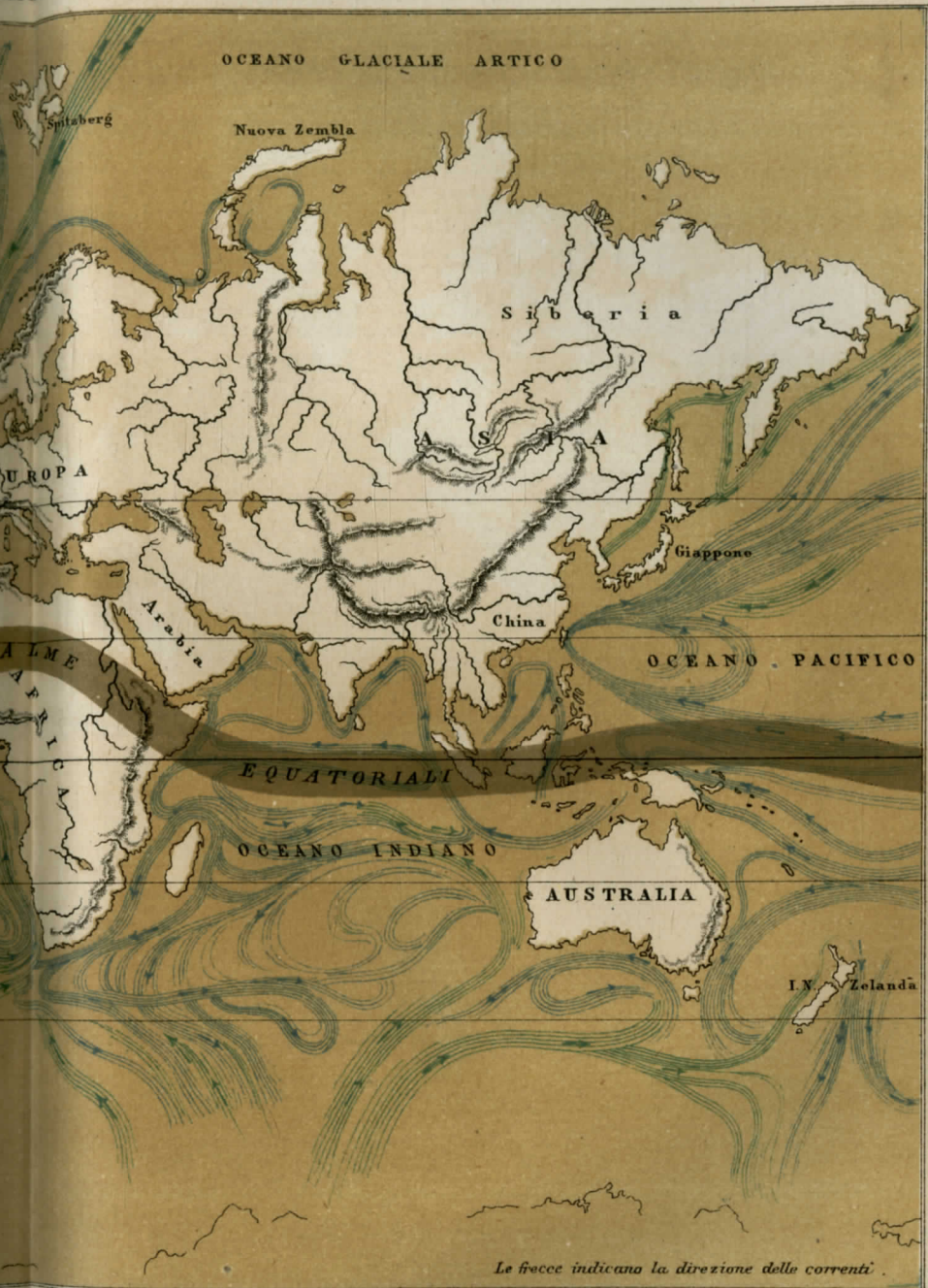
Torino, Lit. Salussolia

GHIACCIAIO DEI BOSSONS

(CHAMONIX-SAVOIA)

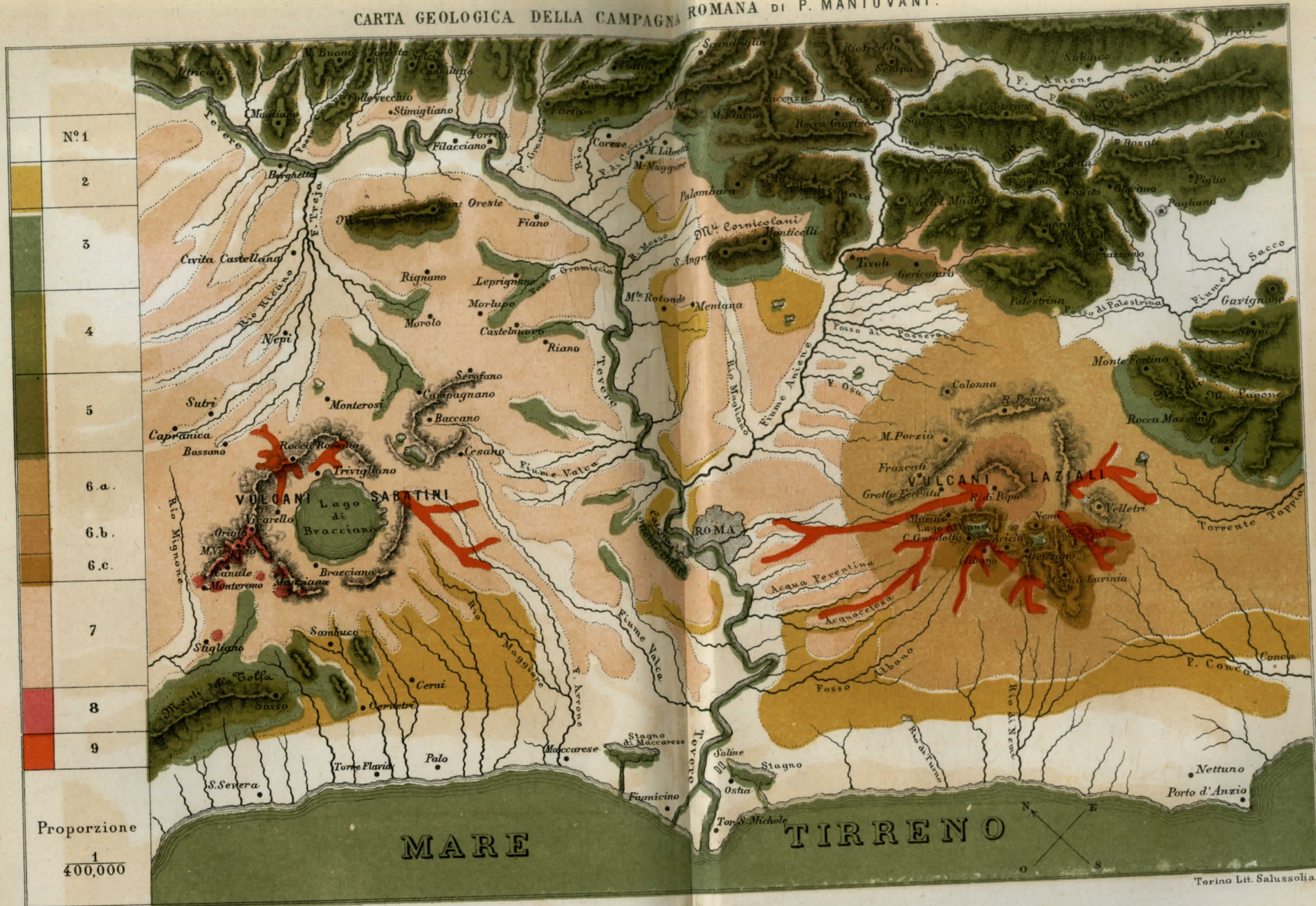
LE GRANDI CORRENTI MA

Ermanno Loescher, Torino Roma Firenze.

ARINE E LE ZONE DI CALME . Tav. V

Lit. Salussolia Via Soccorso 2 Torino.

Tav. VI

LINEE ISOTERMICHE DI TEMPERATURA MEDIA ANNUA

Ermanno Loescher, Torino Roma Firenze.

Lit. Salussolia Via Soccorso 2 Torino.

SPIEGAZIONE

1. *Alluvioni moderne operate dal Tevere e dagli altri corsi di acqua. Sabbie ed argille.*
2. *Alluvioni antiche. Ghiaie, sabbie, argille sabbiose e travertini.*
3. *Sedimenti marini del miocene superiore e del pliocene, marne e sabbie fossilifere conglomerati, puddinghe arenarie, calcari argillosi.*
4. *Calcari cretacei più o meno cristallini ed argillosi, con arenarie fossilifere. Schisti argillosi e calcarei con ippuriti.*
5. *Calcari giuresi ed argille rosse o verdastre argillose piene di ammoniti. Calcari silicei a frattura concoide (marmo maiolica).*

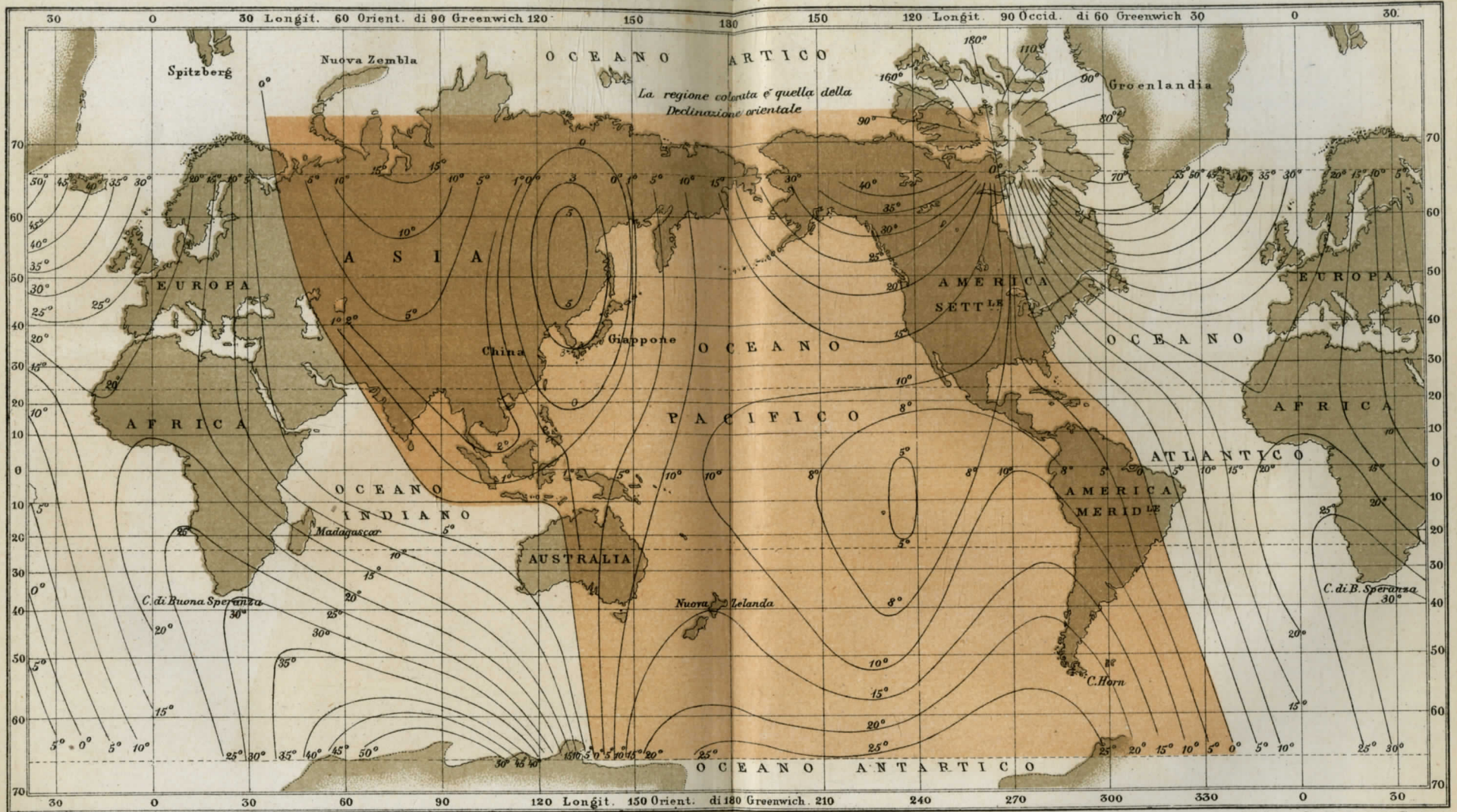
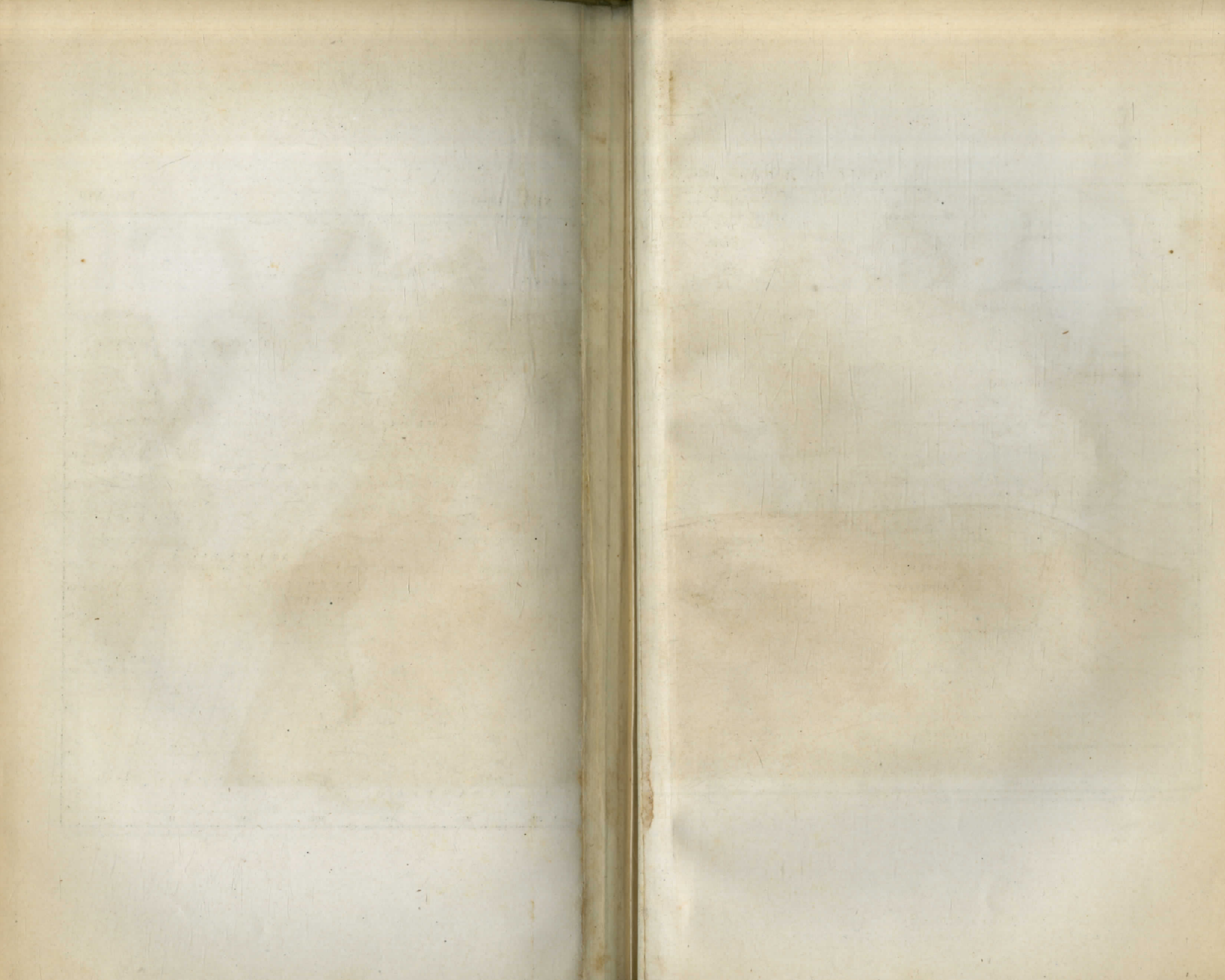
6 a. *Eruzioni del Lazio — 1° Periodo — Tufi argillosi incoerenti. Lave pirosseniche e leucitiche. Sperone.*
6 b. *2° Periodo — Lapilli. Scorie e leucitofiri ed augitofiri.*
6 c. *3° Periodo — Peperini.*
7. *Eruzioni dei Vulcani Sabatini — Tufi litoidi compatti; granulari incoerenti o scoriacei (pozzolane), sabbie con ferro titanato, olivino pirossene e leucite. Lave.*
8. *Trachiti in mamelloni più o meno alterate. Emanazioni solforose.*
9. *Lave basaltine con leucite, augite, olivino, ecc.*

NB. In questa carta non sono segnate che le principali elevazioni del suolo ed i corsi d'acqua di primaria importanza.

DECLINAZIONI MAGNETICHE NEL 1840.

Tav. VIII

Torino-Roma-Firenze, Ermanno Loescher Libraio Editore

Lit. Salussolia Via Soccorso Torino

LINEE DI EGUALE INCLINAZIONE MAGNETICA NEL 1840

Torino-Roma-Firenze, Ermanno Loescher Libraio Editore
Lit. Salussolia Via Soccorso 2 Torino